E/CONF.39/A/82
9 Oct. 1962
ORIGINAL : FRANCAIS

CONFÉRENCE DES NATIONS UNIES
SUR L'APPLICATION DE LA SCIENCE ET DE LA TECHNIQUE
DANS L'INTÉRÊT DES RÉGIONS PEU DÉVELOPPÉES

Point de l'ordre du jour : A.5.1

Belgique

REFLEXIONS SUR LA RECHERCHE ET LA MISE EN VALEUR DE RESSOURCES MINERALES DANS DES REGIONS PEU DEVELOPPEES

Par I. de MAGNEE
Professeur
à l'Université Libre de Bruxelles,

et A. ROLLET
Administrateur-Directeur
de la SIMKAT

Les mémoires rédigés à l'intention de la Conférence des Nations Unies sur l'application de la science et de la technique dans l'intérêt des régions peu développées sont des documents de travail. Ils sont publiés tels qu'ils ont été présentés et les assertions et opinions qu'ils contiennent sont celles de leurs auteurs.

NOTES

1. Les mémoires choisis pour être présentés en séance générale pourront être obtenus à la Conférence dans les langues officielles suivantes des Nations Unies: anglais, espagnol, français et russe.

2. Les mémoires choisis pour être présentés en séance spéciale pourront être obtenus à la Conférence dans l'une seulement de ces langues officielles.

3. Les résumés qui ont été rédigés pour tous les mémoires par les auteurs de ceux-ci pourront être obtenus à la Conférence dans les langues officielles suivantes des Nations Unies: anglais, espagnol, français et russe.

4. Préalablement à la Conférence, les mémoires et les résumés ne feront pas l'objet d'une distribution générale mais d'un tirage restreint destiné aux délégations des gouvernements et autres participants officiels. La publication et la distribution générale des actes de la Conférence s'effectueront conformément aux règles et pratiques agréées par le Comité des publications des Nations Unies.

REFLEXIONS SUR LA RECHERCHE ET LA MISE EN VALEUR DE RESSOURCES MINERALES DANS DES REGIONS PEU DEVELOPPEES

par MM. I.de MAGNEE, Professeur à l'Université Libre de Bruxelles, et
A.ROLLET, Administrateur-Directeur de la SIMKAT.

---

1. INTRODUCTION.

L'industrie minière diffère nettement des autres industries, tant sur le plan des facteurs naturels que sur le plan de l'activité humaine.

Dans un pays en voie de développement, l'existence de ressources minérales exploitables constitue un puissant levier économique et social, un privilège dont il s'agit de tirer le meilleur parti en faveur de populations souvent réduites à une économie de subsistance.

Dans de tels pays, l'industrie sera nécessairement axée sur l'exportation de minerais, concentrés ou métaux. Dès lors la position géographique des gisements et surtout le prix du transport vers un port maritime, devient le facteur déterminant. Très souvent il stérilise des gisements riches situés loin des côtes ou de grandes voies navigables, du moment que le minerai concentré est de valeur relativement faible, disons inférieure à 50 dollars à la tonne (1).

A cause de sa nature d'industrie d'exportation, les pays en question sont très conscients de l'importance de l'industrie minière, surtout en raison des rentrées de devises qui correspondent à son activité. Leur ambition est presque toujours d'arriver à ce que le minerai soit traité dans le pays jusqu'au stade de métal fini directement utilisable. Mais la création d'industries métallurgiques basées sur les ressources internes n'est aujourd'hui concevable qu'à l'échelle de gisements très importants ou, à leur défaut, de petits gisements nombreux et géographiquement groupés.

Le présent exposé ne concerne que les gisements d'importance moyenne. Nous n'envisagerons donc ni les exploitations artisanales,

---

(1) La question des combustibles et les matériaux de construction n'est pas envisagée dans ce qui suit.

ni les grands gisements, dont l'exploitation est du ressort de Compagnies minières spécialisées d'importance mondiale.

2. EXPERIENCE ACQUISE PAR LES ENTREPRISES MINIERES DE PETITE ET MOYENNE IMPORTANCE DANS LA MISE EN VALEUR DES RESSOURCES MINERALES.

a) La prospection minière et son financement.

Pendant le premier quart de ce siècle, de très nombreux gisements miniers ont été découverts par des pionniers parcourant des pays neufs et ne disposant, en dehors de leur compétence et de leur opiniâtreté, que de faibles moyens techniques.

Cet effort s'est poursuivi et perfectionné et l'importance des zones totalement inconnues est en forte diminution. De ce fait, les chances de trouver des richesses minérales importantes par simple "coup d'oeil" sont devenues très faibles.

La prospection moderne exige de son personnel des connaissances étendues en minéralogie, géologie et métallogénie, acquises sur les bancs des écoles supérieures, ainsi qu'un effort personnel continu pour les maintenir à jour.

Dans de nombreux cas, la prospection doit faire appel à des disciplines scientifiques modernes: géophysique, géochimie, etc...

Le coût de telles recherches augmente et son financement devient un problème important pouvant dépasser les possibilités des entreprises minières d'importance moyenne.

b) La création et l'exploitation des mines.

La prospection est censée être assez poussée pour fournir une estimation sérieuse des tonnages à vue, probables et possibles, ainsi qu'une appréciation des circonstances locales qui déterminent les prix de revient probables de l'extraction, du traitement sur place des minerais et du transport des concentrés marchands.

Ces données essentielles serviront de base à une étude technique et économique très poussée, aboutissant à fixer les modalités techniques et le rythme d'exploitation les plus favorables, ainsi que le capital à investir et sa rémunération probable. Elle conduit éventuellement à la décision de créer la mine. Suivant la complexité des installations à construire, la période de construction et de démarrage peut durer une à plusieurs années.

Dans tous les cas, les études préliminaires, la construction et l'exploitation sont confiées à un petit groupe d'ingénieurs des Mines expérimentés. Ils font, si nécessaire, appel au concours temporaire d'autres spécialistes et à celui des constructeurs de matériel, transporteurs et utilisateurs.

Il va de soi que les études de rentabilité exigent des connaissances approfondies et variées, que seule peut donner une longue expérience.

Un danger très réel consiste dans la "rupture d'attelage" qui se produit souvent entre le géologue-prospecteur et le mineur. Soulignons ici que l'expérience belge en Afrique Centrale a largement prouvé combien il était désirable que le prospecteur, ou du moins le chef d'une équipe de prospecteurs, soit lui-même un ingénieur des Mines capable de mettre en exploitation les gisements découverts. C'est ainsi que des gisements alluviaux ont pu être exploités presque immédiatement après leur découverte, assurant ainsi l'auto-financement de la prospection régionale systématique, voire celle des gisements primaires dont dérivaient les placers.

c) Aspects humains.

Une entreprise minière d'importance moyenne travaille nécessairement avec des cadres très réduits. Le succès dépendra essentiellement de leur valeur et de leur "polyvalence". Comme déjà dit, on demande aux ingénieurs des Mines responsables d'être à la fois géologues, techniciens de l'extraction et du traitement des minerais, comptables et économistes.

Ce n'est pas tout, loin de là, car les aspects humains prennent une acuité toute particulière dans des régions écartées, souvent démunies de toute infrastructure économique et sociale et de toute main-d'oeuvre qualifiée.

L'ingénieur doit créer non seulement une mine, mais aussi une équipe, et, au delà de cette équipe, une véritable famille humaine capable de progresser et de s'identifier à l'entreprise commune. Disons simplement que parmi les premiers bâtiments de la cité minière il y aura une école et un hôpital, auxquels viendront bientôt se joindre un centre culturel, des terrains de sport, etc... La formation de la main-d'oeuvre et son bien-être deviendront bien vite le souci dominant des ingénieurs responsables. Leur vie sera harassante, mais combien exaltante.

La mine deviendra un centre d'attraction et un foyer de civilisation. Spontanément naîtront des activités économiques indépendantes, centrées sur la mine. Les défrichements feront tâche d'huile dans la brousse ou la forêt jusque là improductives. Les routes supprimeront les plaies ancestrales du portage, de la malnutrition et des maladies tropicales.

Si le passé fournit nombre d'exemples de telles réussites économiques et sociales, on ne peut cependant nier qu'elles ne furent souvent atteintes que grâce à des salaires très bas, correspondant à des besoins et un rendement initialement très inférieurs à ceux des pays déjà industrialisés. Malgré les progrès rapides commandés dans ce domaine par la réussite elle-même, il subsiste actuellement de nombreuses régions où la mécanisation, entraînant la diminution de l'effort des hommes, est anti-économique et même socialement et politiquement peu souhaitable. C'est le corollaire d'une main-d'oeuvre surabondante et insuffisamment instruite et éduquée. A eux seuls, les mineurs ne peuvent faire une révolution. Mais ils ont toujours adopté une position "en flèche" dans ce domaine, tant au point de vue du niveau des salaires que de l'introduction, même prématurée, des techniques modernes d'abattage, chargement et transport. Ils ont conçu et créé les premières centrales

thermo ou hydro-électriques et tant d'autres installations auxiliaires.

On oublie souvent que de tels ensembles industriels sont voués à une mort quasi certaine, avec l'épuisement des réserves minières et l'abaissement progressif du prix des métaux. Un gisement de petite ou moyenne importance ne peut alimenter qu'une exploitation rolativement éphémère. A l'issue de la période d'exploitation, les installations fixes ont une valeur quasi nulle. Il ne reste que l'équipe et le matériel mobile réutilisable. L'entreprise doit prévoir à longue échéance sa migration vers d'autres gisements et doit, en reconstituant le capital investi et en poursuivant sans arrêt ses prospections, se ménager la possibilité de créer de nouvelles mines.

C'est un devoir envers ses ouvriers encore plus qu'envers ses actionnaires ou bailleurs de fonds. Encore faut-il que les lois minières et les dispositions fiscales favorisent ce perpétuel renouvellement.

d) Investissements de capitaux.

Tant la prospection minière que l'exploitation des mines exigent d'importants capitaux. Ces investissements comportent des risques notablement plus grands que ceux des autres investissements industriels. Avant d'accepter ces risques, le capital privé a toujours cherché à obtenir des garanties spéciales sous forme de droits exclusifs de recherche, concessions minières, garanties politiques, etc... Finalement il n'accepte ces risques que dans le cas où il estime pouvoir réaliser des bénéfices substantiels.

Certains pays ont apprécié l'apport de l'industrie minière à l'économie générale. Ils lui assurent une aide précieuse sous forme de prêts, subsides, dégrèvements d'impôts et droits de sortie et d'importation, etc... Mais il s'agit surtout de pays économiquement forts ou du moins en plein développement.

En l'absence d'une telle politique, l'effort de prospection est nécessairement freiné dans les pays moins favorisés et la mise en valeur de leur sous-sol retardée d'autant. A cela s'ajoute un autre facteur stérilisant: l'idée absurde que des techniciens étrangers tentent de s'approprier les "richesses minières" du pays, en les exploitant à leur profit exclusif, ou encore en les "écrémant".

Ces facteurs négatifs, conjugués au manque d'infrastructure, condamnent à la stagnation résignée de vastes pays dits "pauvres".

3. CONDITIONS NOUVELLES CREEES PAR L'ACCESSION A L'INDEPENDANCE DE NOUVEAUX PAYS ET PAR L'ASSISTANCE TECHNIQUE SOUS TOUTES SES FORMES.

La "décolonisation" qui affecte actuellement la majorité des anciennes colonies et les changements de structure qu'on observe dans plusieurs pays indépendants, créent pour l'industrie minière des conditions nouvelles auxquelles elle doit s'adapter.

Les nationalismes jeunes sont habituellement hostiles à l'octroi de concessions pour prospections minières aux étrangers,

alors que leurs nationaux manquent de moyens financiers, de compétence et d'expérience techniques.

Les mêmes obstacles se dressent lors de la mise en exploitation de gîtes partiellement connus. Ils y acquièrent une signification encore plus grande du fait de l'importance du capital à investir. Or, dans de nombreux pays, des réglementations monétaires empêchent la rétribution des capitaux étrangers investis, ou diminuent leur quote-part dans les bénéfices réalisés par une série de mesures prises unilatéralement. Tout cela a pour effet de décourager le capital privé.

Dans de nombreux pays, les entreprises minières subissent des pressions afin de confier aux nationaux des postes élevés dans la hiérarchie, sans égard à leur qualification et leur compétence. Les salaires sont fixés pour des raisons sociales et politiques: leur augmentation n'a souvent qu'un effet éphémère et apparent, sans effet sur le standing de vie des travailleurs.

Ces conditions défavorables et des charges nouvelles ne tuent pas nécessairement des entreprises minières existantes. Mais elles augmentent les teneurs limites économiquement exploitables et, partant, réduisent d'autant la valeur des réserves et finalement l'apport économique que le pays est en droit d'attendre de son sous-sol.

L'exploitation des placers aurifères ou diamantifères constitue un cas particulier. Ce type de gisement se prête à une exploitation artisanale rudimentaire. Les Autorités de certains pays désirent favoriser une telle exploitation. Toutefois, dans une majorité de cas, cela ne rapporte rien au pays, relativement peu aux artisans et beaucoup aux trafiquants-fraudeurs. Un autre résultat est qu'une grande partie du minéral précieux est perdue et devenue irrécupérable.

Dans de nombreux pays en voie de développement, un rôle de plus en plus important est confié à des organismes officiels, tels que Services Géologiques et Miniers, Institutions Nationales de financement, Missions d'assistance technique permanentes organisées et financées par les Nations-Unies et autres instances internationales.

Cependant, cette voie ne peut donner que des résultats partiels, et cela au bout d'un temps trop long, ne fût-ce que parce que l'organisme qui prospecte n'est pas le même que celui qui exploitera.

L'expérience montre que dans ce domaine rien ne peut remplacer l'initiative privée, son esprit de compétition, la rapidité avec laquelle elle passe de la découverte à l'exploitation avec le maximum d'économie en hommes et moyens financiers et un minimum d'erreurs de calcul sur le prix de revient escompté de la production. Cela vaut tout particulièrement pour les gisements de faible tonnage situés près de la surface.

En fait, l'initiative privée s'est presque partout largement déployée depuis de nombreuses décennies, sinon des siècles, et a

localisé une quantité fantastique d'indices de minéralisation. La majeure partie d'entre eux attend toujours un examen sérieux, poussé en profondeur, avec les moyens modernes appropriés. Le plus souvent, on a reculé devant les frais que comporte une campagne de sondages.

Il n'est pas contestable que les cartes géologiques d'ensemble, oeuvre des Services Géologiques, sont extrêmement utiles pour des recherches nouvelles sur indices connus et pour la découverte, à leur voisinage, d'indices nouveaux. Mais il n'est pas possible d'attendre qu'une carte géologique générale, suffisamment précise et détaillée, soit terminée avant de commencer la prospection et le développement minier.

Il importe donc de créer les conditions d'une parfaite collaboration entre les services officiels géologiques et miniers d'une part et les géologues et mineurs du secteur privé d'autre part, sans oublier l'appel aux Universités, tant à leur personnel enseignant qu'à leurs étudiants, source d'enthousiasme et de progrès scientifique.

4. POSSIBILITES ET CONDITIONS D'UNE "RELANCE" DE L'ACTIVITE MINIERE DANS LE CADRE NOUVEAU.

a) Rôle de l'O.N.U.

En raison de son caractère universel et désintéressé, l'O.N.U est appelée à jouer un rôle important dans la relance de l'activité minière au sein d'un cadre nouveau. Elle peut en effet:

- élaborer une nouvelle doctrine de la mise en valeur des richesses minières, permettant d'établir les bases d'une coopération entre les Autorités d'un pays et les compétences internationales dans l'art des mines;
- énoncer les principes de la législation minière répondant le mieux aux exigences et aux possibilités des pays en voie de développement;
- étudier des régimes de redevances, droits de sortie, règlements d'exportation, etc... susceptibles de promouvoir l'industrie minière;
- choisir des secteurs et des régions prioritaires pour la prospection minière;
- engager des experts hautement qualifiés pour promouvoir ou organiser les études géologiques; améliorer les services généraux de la documentation, statistique, cartographie; guider de jeunes entreprises minières.

b) Collaboration internationale.

Une forme de collaboration internationale à retenir est celle d'un recours aux compétences sous forme de contrats confiant des études géologiques, géophysiques, aéro-photogéologiques, etc... à des entreprises de recherches minières spécialisées. Dans ce cas la découverte revient au pouvoir local, qui pourrait concéder l'exploitation des gîtes découverts moyennant rétribution compensa-

toire. Ces recherches pourraient d'ailleurs être subsidiées par des organismes internationaux tels que l'O.N.U., la C.E.E., etc...

Les Autorités publiques de jeunes Etats ont intérêt à favoriser effectivement la réussite de l'industrie minière locale et devraient en faire en quelque sorte une question d'amour propre national. Il est logique d'envisager leur participation financière, majoritaire ou non, dans le capital des entreprises minières, ce qui justifierait la présence des nationaux aux échelons élevés de la direction des entreprises.

Toutefois, pendant de nombreuses années encore, l'apport étranger sera nécessaire et déterminant, à la fois sur le plan technique et sur le plan financier.

Pour que cet apport soit sollicité et bien accueilli, il faut que de leur côté les entreprises minières étrangères abordent les problèmes avec un esprit nouveau, sans essayer d'introduire de force leurs propres traditions et conceptions. Ceci exige le recours à des cadres compréhensifs autant que compétents.

La question d'un enrichissement sur place du minerai extrait se pose dès le début à toute entreprise minière. La solution adoptée est souvent un compromis propre à chaque cas particulier.

Toutefois, s'il existe un groupe de gisements, les autorités peuvent favoriser la création d'une usine de finissage centrale, ou même d'un "custom mill" coopératif.

Si désirable qu'elle soit, la création d'une métallurgie locale constitue un problème très complexe où les ambitions nationales peuvent pousser à la création de "monstres économiques". La sagesse consiste à avancer par étapes.

5. CONCLUSIONS.

Les gisements minéraux n'acquièrent de valeur qu'au moment de leur mise en exploitation. Celle-ci exige une étroite collaboration entre le travail, la compétence technique et le capital. C'est le produit de cette collaboration qu'on exporte sous l'aspect physique de minerai ou de métal.

Une autre conclusion se dégage: c'est l'utilité d'une action des organismes nationaux et internationaux, visant à promouvoir les recherches et la mise en exploitation des richesses minérales.

Ces organismes doivent veiller à ce que la compétence, la responsabilité et les pouvoirs d'exécution ne soient ni séparés, ni émiettés. Sans cela les "conseillers techniques" ne sont qu'un palliatif: à quoi serviront de bonnes études et rapports, s'il n'y a personne pour mettre en oeuvre leurs conclusions?

Finalement, le recours à l'initiative privée reste indispensable. Pour l'attirer il faut: ordre, sécurité, législation favorable, respect de la signature donnée, possibilité de recours devant un arbitre impartial et supranational.

Les nations développées ne peuvent plus protéger elles-mêmes les investissements de leurs nationaux. Le capital privé lui-même se dénationalise et tend à devenir international. Pourquoi ne serait-il pas protégé, voire garanti, par un organisme spécial à créer au sein des Nations-Unies?

Un tel organisme pourrait ensuite être doublé par une Banque minière internationale, capable de participer directement à la formation des capitaux nécessaires, sans tomber dans le travers des distributions politiques à fonds perdus. Des organismes nationaux pourraient en être les représentants et associés locaux.

:-:-:-:-:-:-:-:-:-:

779 F - Oct. 1962 - 1,000

E/CONF.39/A/83
9 Oct. 1962
ORIGINAL : FRANCAIS

CONFÉRENCE DES NATIONS UNIES
SUR L'APPLICATION DE LA SCIENCE ET DE LA TECHNIQUE
DANS L'INTÉRÊT DES RÉGIONS PEU DÉVELOPPÉES

Point de l'ordre du jour : A.3.3 Hongrie

RECHERCHES D'EAU ET APPROVISIONNEMENT EN EAU

Par Dr. László ALFÖLDI,
Institut Géologique de l'Etat Hongrois,

György ILLES,
Direction Nationale des Eaux,

Dr. Hubert KESSLER,
Institut de Recherches Hydrauliques,
Budapest, Hongrie,

Zsurtman CSOGDON,
Ingénieur en hydrotechnique,
Ulan-Bator, Mongolie,

et Goncsinginj HANDAJ,
Ingénieur en géophysique,
Ulan-Bator, Mongolie

Les mémoires rédigés à l'intention de la Conférence des Nations Unies sur l'application de la science et de la technique dans l'intérêt des régions peu développées sont des documents de travail. Ils sont publiés tels qu'ils ont été présentés et les assertions et opinions qu'ils contiennent sont celles de leurs auteurs.

NOTES

1. Les mémoires choisis pour être présentés en séance générale pourront être obtenus à la Conférence dans les langues officielles suivantes des Nations Unies: anglais, espagnol, français et russe.

2. Les mémoires choisis pour être présentés en séance spéciale pourront être obtenus à la Conférence dans l'une seulement de ces langues officielles.

3. Les résumés qui ont été rédigés pour tous les mémoires par les auteurs de ceux-ci pourront être obtenus à la Conférence dans les langues officielles suivantes des Nations Unies: anglais, espagnol, français et russe.

4. Préalablement à la Conférence, les mémoires et les résumés ne feront pas l'objet d'une distribution générale mais d'un tirage restreint destiné aux délégations des gouvernements et autres participants officiels. La publication et la distribution générale des actes de la Conférence s'effectueront conformément aux règles et pratiques agréées par le Comité des publications des Nations Unies.

RECHERCHES D'EAU ET APPROVISIONNEMENT EN EAU

par dr. László ALFÖLDI, Institut Géologique de l'État Hongrois
György ILLÉS, Direction Nationale des Eaux
dr. Hubert KESSLER, Institut de Recherches Hydrauliques
Budapest, Hongrie
Zsurtman CSOGDON, ingénieur en hydrotechnique /Ulan-Bator/
Mongolie
GONCSINGINJ HANDAJ, ingénieur en géophysique /Ulan-Bator/
Mongolie

L'approvisionnement en eau adéquate est la condition du niveau culturel et hygiénique des agglomérations et du développement de l'industrie et de l'agriculture. A côté des facteurs géographiques, politico-economiques et techniques il faut assurer la satisfaction des besoins en eau dès la toute première phase de développement. L'absence d'eau peut d'avance compromettre la construction de certains établissements industriels. Il est utile d'établir pour au moins un demi-siècle d'avance les projets d'approvisionnement en eau des agglomérations croissant rapidement, et le rythme de leur développement doit être examiné en tenant compte, parmi d'autres facteurs, également des possibilités d'approvisionnement en eau. La question est de grande importance surtout dans les pays peu développés, où l'urbanisation, l'aménagement de centres industriels et culturels constituent la tâche du présent et de l'avenir et où le développement de l'agriculture est aussi d'une brûlante actualité. Du fait de l'état arriéré des recherches d'eau, les projets d'approvisionnement en eau s'appuient généralement bien davantage sur les projets de recherches que sur des faits. Le retard dans les recherches d'eau cause dès lors inévitablement certaines dépenses supplémentaires et freine effectivement le développement.

Que le besoin en eau se présente de façon concrète localement ou régionalement, il est nécessaire, en vue de pouvoir déterminer la solution la plus économique, d'élucider en tout premier lieu les ressources d'eau complètes et les donditions du bilan hydrologique du territoire.

Sur la base d'études hydrographiques et hydrogéologiques adéquates, le besoin en peut être couvert tant avec les eaux de surface qu'avec les eaux souterraines; il est donc utile de prendre en considération, en dréssant le programme de l'approvisionnement en eau, toutes les possibilités présentes.

Les principales méthodes de recherches des couches aquifères phréatiques et profondes servant les buts de l'approvisionnement en eau

Ceci impose en même temps comme une loi l'élaboration de projets et l'exécution parallèle ou complexe des recherches. Il faut dresser l'inventaire des ressources d'eau exploitable des cours d'eau, eaux mortes et celui des eaux souterraines, élucider les conditions hydrogéologiques des nappes phréatiques, des eaux de crevasses et des eaux profondes sous pression. L'exploitation et le percement de réservoirs d'eaux souterraines peut créer des possibilités d'un développement rapide dans des régions où l'on n'y pouvait même pas penser avant. Dans les régions tout particulièrement pauvres en eau il est également à recommander de prendre en considération la mise en valeur des précipitations. Les modalités de la solution de l'approvisionnement en eau peuvent être déterminées en fonction des résultats des recherches.

1./ Recherches de sources et de nappes souterraines.

a./ Examen de sources.

Quoique les sources appartiennent du fait de leur forme d'apparence aux eaux de surface, les recherches précédant leur utilisation aux fins de l'approvisionnement en eau doivent quand même viser la mise en lumière des caractéristiques des cours d'eau souterrains et des phénomènes se produisant sur leur parcours.

L'examen systématique des sources doit s'étendre aux points de vue suivants.

Jaugeage des débits des sources.

Il importe d'effectuer les jaugeages à des saisons différentes, à des conditions de précipitations différentes, car ce n'est qu'en appréciant que nous pouvons conclure au caractère du régime des eaux et - en les combinant avec les résultats d'autres recherches - aux cours d'eau souterrains et dans une certaine mesure aux bassins versants aussi. La fréquence des jaugeages dépend du caractère du cours d'eau. Il y a des sources au régime des débits uniforme qu'il suffit de jauger trimestriellement mais il y en a qu'il faut jauger tous les jours. Du fait des différences entre les modes de jaillissement il n'est pas toujours possible d'employer les méthodes de jaugeage classiques, mais il faut recourir à des méthodes modernes, conçues souvent spécialement pour un cas donné. Parmi celles-ci, citons le déversoir dit linéaire /à profil hyperbolique/ dont le grand avantage par rapport aux autres est que la hauteur de déversement est en relation linéaire avec le débit. L'inexactitude de la lecture du niveau d'eau ne cause donc guère d'erreur considérable et l'on peut, sans engrenage spécial, raccorder le déversoir avec un instrument enregistreur ou avec un dispositif de transmission à distance.

C'est sur la base des résultats des jaugeages que l'on peut déterminer le coefficient hydrologique le plus important de la source:

$$I_Q = \frac{Q_{max}}{Q_{min}}$$

soit le rapport exprimant la variation du débit.

Détermination de la qualité de l'eau de la source.

La détermination de la composition chimique de l'eau de source avec les méthodes traditionnelles se heurte, surtout dans les zones chaudes et torrides, à de grandes difficultés et peut facilement aboutir à des résultats erronés.

D'après les expériences les plus récentes il n'est pas nécessaire d'effectuer souvent des analyses chimiques complètes, il suffit de suivre avec attention la stabilité de la concentration des ions de l'eau de la source. Cette concentration peut s'exprimer exactement en chiffre avec la mesure de la résistance électrique de l'eau. Au fond, le but de ces mesures est de nous rendre compte, sur la base de mesures en série, de la stabilité chimique de la source. Le rapport de variation de la concentration des ions est:

$$I_R = \frac{R_{max}}{R_{min}}$$

Évidemment la mesure avec exactitude au 1/10ème de mm de la température de l'eau de source fait partie de son examen qualitatif systématique. De ces données nous pouvons déduire le rapport de la variation de température:

$$I_t = \frac{t_{max}}{t_{min}}$$

dont on peut tirer des conclusions importantes.

Le classement des sources suivant leur sûreté.

En possession de données de mesures de plusieurs années nous sommes à même de classer les sources suivant leur sûreté. C'est à dire, suivant la possibilité de les utiliser pour l'approvisionnement en eau. Cette qualification est effectuée sur la base des variations du débit, de la concentration des ions et de la température. La source est d'autant plus sûre, d'autant mieux équilibrée que les rapports des variations sont plus petits. En Hongrie l'on donne aux sources un indice de sûreté, dont la relation avec les rapports des variations est résumée dans le tableau suivant:

Débit	Température	Résistance électrique	Indice de sûreté
Rapports des variations			
Q_{max}/Q_{min}	t_{max}/t_{min}	R_{max}/R_{min}	Q t R
1,0 - 3,0	1,00 - 1,15	1,00 - 1,05	6 excellent
3,1 - 5,0	1,16 - 1,25	1,06 - 1,10	5 très bon
5,1 -10,0	1,26 - 1,35	1,11 - 1,15	4 bon
10,1-20,0	1,36 - 1,45	1,16 - 1,25	3 médiocre
20,1-100	1,46 - 1,55	1,26 - 1,35	2 mauvais
100	1,55	1,36	1 très mauvais

L'examen des cours d'eau souterrains du bassin versant fait partie de la parfaite reconnaissance des sources. En effet, si pour le profil transversal moyen du caniveau d'alimentation de la source le rapport de la superficie du profil au périmètre mouillé /rayon hydraulique/ est grand - p.ex. dans le karst de calcaire - la vitesse de l'eau est relativement plus grande, la possibilité de l'emmagasinement dans le karst est plus réduite que pour des sources où ce rapport est plus petit - p.ex. dans les karst dolomitiques - et partant, la possibilité d'emmagasinement meilleure, les sources traversant mieux les périodes pauvres en précipitation et sont mieux équilibrées. Nous pouvons conclure des résultats des mesures à ces particularités des caniveaux des sources lorsqu'il n'est pas possible de les reconnaître directement. Si p.ex.le débit d'eau et la concentration des ions ne varient pas considérablement avec les précipitations, l'on peut en conclure à des roches, à structure de diaclases, contrairement aux sources dont les rapports de variations sont grands ce qui est particulier aux caniveaux de sources à structure caverneuse. Nous pouvons encore nous convaincre de celle-ci en appréciant la quantité d'oxygène dissous dans l'eau. L'on peut enfin conclure à des sédiments dolomitiques - donc avantageux du point de vue de la science des sources - non reconnaissables à la surface du rapport Ca/Mg de l'eau de source aussi.

Nous pouvons conclure avec une exactitude suffisante au point de vue de la pratique à l'étendue du bassin versant, si les résultats de jaugeages d'au moins une année sont à notre disposition. De ceux-ci et du pourcentage d'infiltration - sur lequel nous reviendrons encore - déterminé avec le procédé le plus moderne nous pouvons calculer la superficie du bassin versant des sources karstiques. Dans l'examen des relations entre gouffres et sources, l'emploi du sel comme traceur occupe de plus en plus le premier plan.

L'utilisation du sel, l'arrivée du "nuage salin" étant enregistrée automatiquement, ne procure pas seulement une réponse au fait matériel de la relation et de la vitesse des cours d'eau souterrains mais du déplacement de certaines parties du"nuage salin", de l'appréciation des modifications de concentrations salines, nous pouvons conclure également à la forme et aux dimensions et les vitesses constatées lors des différents débits sont particulièrement d'une grande utilité car elles permettent de déterminer si les cours d'eau souterrains sont sous pression ou en grande partie des nappes libres.

b./ <u>Questions particulières en rapport avec les eaux karstiques, examen de bilans hydrologiques.</u>

Que ce soit de manière naturelle /sources/ ou artificielle /forages et puits/ que nous utilisons les eaux karstiques, la condition fondamentale est de connaître le bilan hydrologique souterrain.

Le facteur jusqu'ici le plus discuté du calcul de la reconstitution des réserves d'eau est le pourcentage d'infiltration au sujet duquel les recherches les plus récentes ont constaté qu'il n'est pas constant, même sur le même terrain, mais est fonction de la répartition des précipitations au cours de l'année et peut varier entre 7 et 70 %. Il est important du point de vue du pourcentage d'infiltration annuel, dans quelle saison les précipitations tombent, si c'est dans une saison sans végétation ou lorsque celle-ci intercepte l'eau pour ses propres fonctions vitales et l'empêche par évapotranspiration directe de s'infiltrer dans les couches plus profondes.

Nous appelons le rapport entre la quantité des précipitations des 4 premiers mois de l'année et la somme des précipitations annuelles - exprimé en pourcentage - module du pourcentage des précipitations /μ/ que nous corrigeons avec une constante dépendant des conditions des précipitations de la fin de l'année précédente. Le pourcentage d'infiltration est

$$B = f\,/\mu/$$

La relation peut se lire sur la courbe de la fig.1 élaborée sur la base d'observations de 25 ans. La relation représentée est valable pour les conditions de l'Europe Centrale, pour des montagnes moyennes entre 500 et 1000 m d'altitude, mais on peut avec les principes appliqués en les construisant déterminer des courbes analogues pour n'importe quelles conditions.

La fig. 2 indique, également sur la base des données d'une période de 25 ans, les moyennes des pourcentages d'infiltration de chaque mois. L'infiltration surprenante de 100 % au mois de mars reflète l'effet des précipitations sous forme de neige accumulées dans les mois précédents.

Connaissant les conditions des précipitations, le pourcentage d'infiltration et l'étendue du bassin versant karstique nous pouvons calculer la reconstitution des réserves d'eau dans chaque année ou en moyenne annuelle, pouvant servir de base et pouvons établir le bilan hydrologique.

c./ D'autres captages d'eau de faible profondeur.

La situation et la structure granulométrique des couches aquifères à faible profondeur sous la surface du sol peut se déterminer par des forages de reconnaissance, mais en outre il faut procéder à des examens du bilan hydrologique aux fins de déterminer la mesure et la direction de la reconstitution des réserves d'eau. D'après les recherches les plus récentes, l'on peut prélever d'importantes quantités d'eau même de nappes sans reconstitution à provenance éloignée, s'alimentant uniquement des précipitations locales, si l'on diminue en rabattant de façon permanente la nappe aquifère, les pertes d'évaporation se produisant dans les couches supérieures du sol.

Avant de projeter un captage d'eaux de quelque importance à faible profondeur, généralement dans des couches pléistocènes ou du tertiaire supérieur, il faut élucider les conditions hydrogéologiques avec de nombreux forages. De nos jours les forages peuvent déjà être remplacés par des procédés géo-électriques. Parmi ceux-ci celui à quatre électrodes convient le mieux au but proposé.

Le captage de l'eau peut se faire avec des puits maçonnés, des puits forés, des galeries ou avec des puits à drains rayonnants horizontaux qui donnent depuis tout récemment des résultats excellents et furent développés à un niveau très élevé en Hongrie.

Dans les captages à faible profondeur il faut prêter spécialement attention aux couches de couverture imperméable protégeant la couche aquifère contre la pollution provenant de la surface. Il faut noter sous ce rapport que les valeurs de résistance obtenues avec les procédés géo-électriques pour les couches d'argile et pour les couches aquifères sont parfois fort rapprochées, leur juste appréciation ne peut donc se faire de façon à donner l'apaisement que sur la base d'une longue expérience. De même, l'élaboration du résultat d'un pompage d'essai exécuté sur un terrain de captage ne peut se faire qu'en possession de l'expérience voulue, car on doit pouvoir distinguer entre la quantité d'eau provenant du cône de dépression créée autour du puits et celle se reconstituant de façon continue pour prévenir ainsi qu'une impression trop favorable ne se produise.

2. Recherches des eaux des profondeurs.

a./ Etudes générales d'hydrogéologie.

Loin des possibilités de s'approvisionner en eaux de surface les besoins peuvent être couverts le plus économiquement en perçant les couches aquifères profondes. La qualité, la quantité et la température des nappes proches de la surface

ou nappes puréatiques varient beaucoup sous l'effet des caractéristiques climatiques saisonnières. Par contre, les puits établis dans les couches aquifères profondes fournissent de façon continue de l'eau à débit constant, et de qualité et température inchangées. Le débit, la qualité et la température de leur eau sont tout à fait indépendants des caractéristiques climatiques saisonnières.

Nous pouvons donc considérer comme eaux des profondeurs celles des couches aquifères sous pression, les eaux des crèvasses sous pression, et toute ressource d'eau répondant aux susdites conditions. Suivant l'expérience, l'effet des caractéristiques climatiques moyennes annuelles se fait sentir sur les eaux souterraines jusqu'à une profondeur maximale de 300 mètres. Dans des conditions normales p.ex. la température de l'eau montre une allure correspondant à la moyenne d'une série d'années et la reconstitution est exclusivement originaire des précipitations. Plus la roche contenant l'eau est profonde, d'autant plus s'éliminent les effets de température de la surface et dans la reconstitution les eaux fossiles décomprimées de la roche et les eaux juvéniles arrivant du fait de la migration à tendance verticale jouent un rôle toujours plus grand, jusqu'à faire prévaloir entièrement les effets de température et de reconstitution des profondeurs. Toutes les caractéristiques des eaux des profondeurs varient en fonction de celles-ci. L'expérience prouve que les couches aquifères fournissent à une certaine profondeur de l'eau minérale chaude ou bouillante. De ce fait, celles-ci peuvent satisfaire des exigences spéciales /bains, bains thermaux, eau chaude, eau de chauffage, etc./.

En examinant le bilan hydrologique de bassins sédimentaires étendus il faut prendre en considération que leur alimentation se fasse au droit de l'affleurement de la couche, ou latéralement à travers la roche de base, la compression due à la charge des couches augmentant vers la profondeur et causant une tendance à la diminution du volume des vides des roches poreuses. Suivant l'expérience la porosité des roches diminue avec la profondeur. L'eau remplissant les vides de la roche reprend en grande partie la charge, ce qui provoque une migration, en fin de compte à tendance verticale, s'étendant sur toute la superficie de la couche aquifère. L'intensité de la migration varie suivant les caractéristiques de la couche de couverture et elle est la plus forte le long des lignes des failles. La migration traverse les couches d'argile aussi. Sous l'effet de la charge des couches, toute les sortes de roches non consolidéesse compriment, ce qui se manifeste dans la diminution du volume des vides. La migration à tendance verticale fait diminuer non seulement les ressources d'eau statiques des couches aquifères, mais également celle des couches ne pouvant être considérées comme fournissant de l'eau.

Ce qui précède n'a évidemment de l'importance que pour des bassins artésiens de grande étendue et à grandes profondeurs, dans les bassins sédimentaires moindres le phénomène

se déroule avec un rendement réduit. Le faciès des sédiments remplissant le bassin n'est pas non plus indifférent. Dans les bassins sédimentaires d'origine continentale la variation rapide des faciès cause beaucoup de difficultés, pendant que la formation plus régulière et constante des faciès de roches marines procure des facilités. Le choix des emplacements des forages de prospection de l'eau varie donc en fonction du faciès. La méthode de recherche est toutefois la même dans les grandes lignes.

Les ressources d'eau dynamiques de bassins artésiens de grandes étendue et épaisseur peuvent être considérables même si le bassin versant est désertique et l'on ne peut pas compter sur la reconstitution de provenance directe de la surface. La reconstitution par migration dirige l'attention sur les structures aquifères. Dans les formations aquifères poreuses d'étendue relativement petite la migration ne peut pas jouer un rôle important car la surface d'alimentation dans la profondeur est réduite. Dans ce cas - à moins qu'il y ait alimentation latérale - la couche est pratiquement stérile. Dans la série des sédiments de bassins continentaux la reconstitution par migration est généralement sans importance.

b./ Méthodes géophysiques dans les recherches d'eau des profondeurs.

Dans la recherche des eaux des profondeurs, le caractère, l'épaisseur de l'ensemble sédimentaire, la profondeur et le type de la roche de base, enfin l'emplacement et le type des formations aquifères sont décisifs. Alors que l'étendue du bassin, la superficie du bassin versant et le caractère géologique des alentours peuvent être déterminés avec des méthodes directes, nous ne pouvons répondre à la dernière question que par des conclusions, avec un grand pourcentage d'erreurs. Sur un territoire inconnu, les mesures géophysiques sont indispensables. Dans une région où des cartes synoptiques de mesures de la gravitation et du magnétisme sont disponibles nous pouvons déjà en avoir quelque vue d'ensemble. Pour des bassins d'une étendue de plusieurs milliers de km^2 il est à recommander d'exécuter, dans le cadre de la prospection complexe des matières premières, les mesures de la gravitation. De celles-ci nous pouvons conclure à la formation du territoire, à la répartition de la matière et aux conditions de la structure. La figure de la gravitation elle-même fait ressortir, en cas de conditions de formation régulière, le caractère des conditions en profondeurs couvertes de sédiments. Les données peuvent être chargées d'effets régionaux, mais peuvent convenir à une première orientation dans les grandes lignes.

Au sujet de la formation sédimentaire, les données de la méthode des courants telluriques renseignent davantage que les mesures de la gravitation. A l'instar de ces dernières elles signalent un effet d'ensemble, mais à l'encontre de celles-ci l'effet de la roche de base ne s'y présente pas, la répartition de la densité des courants telluriques ne dépend pratiquement que de la formation sédimentaire. A l'aide des méthodes de mesure de la gravitation et des courants telluriques

l'on obtient une orientation dans les grandes lignes au sujet de la formation, des conditions de profondeurs et de la structure d'un bassin sédimentaire donné. Sur la base des mesures hydrologiques et géologiques l'on peut classifier les diverses parties du territoire prospecté et désigner les régions venant en ligne de compte en premier lieu. Afin de réduire au minimum le nombre des forages stériles, il est utile de collectionner, avant de fixer les points de forages, encore d'autres renseignements au sujet de la répartition qualitative et la situation en profondeur de la formation sédimentaire dans la région choisie.

Les mesures de résistance effectuées à la surface fournissent une bonne orientation sur la qualité des roches et de la situation des diverses couches. La teneur en électrolytes des couches, la qualité de ces derniers sont autant de caractéristiques importantes des couches sédimentaires. La porosité, la dimension des grains, la qualité pétrographique influencent sous beaucoup d'aspects non seulement quantitativement, mais aussi qualitativement la teneur en électrolytes. La résistance spécifique des couches est fonction de la teneur en électrolytes, donc dans la plupart des cas de la teneur en eau et la concentration des ions.

En y introduisant un courant d'alimentation la résistance spécifique des couches peut très bien être mesurée avec un circuit spécial. Ceci permet d'ailleurs non seulement de séparer les couches, mais aussi de déterminer leur profondeur. Avec la profondeur, l'épaisseur de couche pouvant encore être séparée augmente également. Les groupes de couches à caractéristiques diverses peuvent cependant très bien être déterminés et nous pouvons par ailleurs conclure à la teneur en eau moyenne et à la qualité de l'eau du groupe de couches. Le cicuit de courant électrique nécessaire aux mesures peut être assuré par de simples piles sèches, car pour une tension de 100-500 Volts l'intensité exigée du courant est 20-200 milliampères, les dispositifs de mesure sont relativement faciles à manier et à transporter. Les profils en profondeur peuvent être établis à bon compte et rapidement. La meilleure profondeur de son application est au maximum 3-400 mètres. En vue de l'implantation des coûteux forages de recherche d'eau, l'établissement de profils en profondeur est fort avantageux. D'une manière générale on peut fixer le principe qu'en implantant des forages il faut utiliser toutes les données géophysiques, dans quelque but que les mesures aient été exécutées, car toute anomalie géophysique couvre quelque anomalie géologique. Cela signifie en même temps que, tenant compte de l'économie, les forages doivent être précédés d'examens géologiques et géophysiques. Pour l'implantation des forages de plus de mille mètres, les mesures séismiques plus couteuses, mais réflétant la formation détaillée du territoire, peuvent entrer en ligne de compte.

Les dépenses consacrées dans la première phase des recherches d'eau aux examens hydrogéologiques et géophysiques

sont compensées largement par la réduction au minimum, dans la seconde période, du nombre des forages stériles et par les avantages techniques résultant de la prévision de la profondeur du forage, de la stratification et des niveaux fournissant de l'eau.

Si les recherches d'eau aboutissent à des résultats satisfaisants, nous disposons après leur achèvement d'une eau de quantité et de composition chimique déterminées. Le captage de l'eau, son éventuel traitement /épuration/, aménagement d'installations de pompage et de réseaux de distribution, construction de bassins réservoirs constituent la phase suivante de la solution de l'approvisionnement en eau.

Littérature

Burdon D.J. Methodes of Investigating the Ground-Water Resources of the Parnassos-Ghiona Limestone, Athens, 1962

Kessler H. Estimation of subsurface Water Resources in Karstic regions. Association Internationale d'Hydrologie Scientifique. Gentbrugge, 1958

Übell K. Les méthodes de détermination de la capacité des couches aquifères. Revue d'hydraulique. Budapest, 1954. -2

dr.L.Alföldy Questions hydrogéologiques des territoires désertiques de la République populaire Mongole. Bulletin de la Société Hydrologique de Hongrie. Budapest, 1962. -3.

G. Illés Captage des eaux karstiques. Revue d'hydraulique. 1953-II. Budapest.

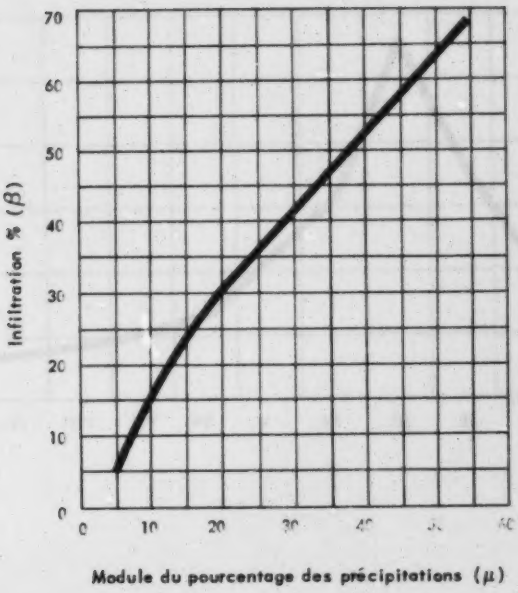
70
60
50
40
30
20
10
0
Infiltration % (β)
0
10
20
Module du pourcentage des précipitations (μ)

Figure 1.

Figure 2.

602 F - Oct. 1962 - 1,000

E/CONF.39/A/83/Corr.1
2 Feb.1963
ORIGINAL : FRANCAIS

CONFÉRENCE DES NATIONS UNIES
SUR L'APPLICATION DE LA SCIENCE ET DE LA TECHNIQUE
DANS L'INTÉRÊT DES RÉGIONS PEU DÉVELOPPÉES

R E C T I F I C A T I F

Lire les noms des aureurs de la manière suivante :

Dr. László ALFÖLDI,
Institut Géologique de l'Etat Hongrois,

György ILLES,
Direction Nationale des Eaux,

Dr. Hubert KESSLER,
Institut de Recherches Hydrauliques,
Budapest, Hongrie.

602 F - Feb.1963 - 1,000

E/CONF.39/A/84
9 Oct.1962
ORIGINAL : FRANCAIS

CONFÉRENCE DES NATIONS UNIES
SUR L'APPLICATION DE LA SCIENCE ET DE LA TECHNIQUE
DANS L'INTÉRÊT DES RÉGIONS PEU DÉVELOPPÉES

Point de l'ordre du jour : A.3.2 Hongrie

ORGANISATION D'UN SERVICE HYDROLOGIQUE, CONTRIBUTION A LA CREATION DES BASES HYDROLOGIQUES DE L'ECONOMIE HYDRAULIQUE

Par Woldemar LASZLOFFY,
Docteur des Sciences Techniques,

et Karoly SZESZTAY,
Ingénieur Docteur,
Institut de Recherches
des Ressources Hydrauliques,
Budapest, Hongrie

Les mémoires rédigés à l'intention de la Conférence des Nations Unies sur l'application de la science et de la technique dans l'intérêt des régions peu développées sont des documents de travail. Ils sont publiés tels qu'ils ont été présentés et les assertions et opinions qu'ils contiennent sont celles de leurs auteurs.

NOTES

1. Les mémoires choisis pour être présentés en séance générale pourront être obtenus à la Conférence dans les langues officielles suivantes des Nations Unies: anglais, espagnol, français et russe.

2. Les mémoires choisis pour être présentés en séance spéciale pourront être obtenus à la Conférence dans l'une seulement de ces langues officielles.

3. Les résumés qui ont été rédigés pour tous les mémoires par les auteurs de ceux-ci pourront être obtenus à la Conférence dans les langues officielles suivantes des Nations Unies: anglais, espagnol, français et russe.

4. Préalablement à la Conférence, les mémoires et les résumés ne feront pas l'objet d'une distribution générale mais d'un tirage restreint destiné aux délégations des gouvernements et autres participants officiels. La publication et la distribution générale des actes de la Conférence s'effectueront conformément aux règles et pratiques agréées par le Comité des publications des Nations Unies.

ORGANISATION D'UN SERVICE HYDROLOGIQUE

Contribution à la création des bases hydrologiques de l'économie hydraulique

Woldemár LÁSZLÓFFY
docteur des sc. techn.

Károly SZESZTAY
ingénieur docteur

Institut de Recherches des Ressources Hydrauliques,
Budapest, Hongrie

Dans le développement économique d'une région donnée la mise en valeur des ressources hydrauliques joue un rôle décisif. La reconnaissance des ressources d'eau disponibles et du cycle annuel des eaux exige des études hydrologiques s'appuyant sur des observations s'étendant largement dans l'espace et dans le temps. Cependant l'on ne peut attendre,même dans les régions où les données hydrologiques, hydrométéorologiques et hydrogéologiques présentent des lacunes, voire font défaut, que la construction d'usines hydroélectriques, de barrages réservoirs, d'ouvrages d'irrigation etc., nécessaires pour lancer le développement de la vie économique. L'hydrologue doit fournir pour l'élaboration des projets au moins des points d'appui approximatifs.

Dans ce qui suit nous ne nous occuperons que des eaux de surface et de certaines questions générales se présentant partout de la même façon, quelque différentes que soient les conditions naturelles et économiques et nous allons prêter une attention spéciale au cas de l'absence partielle ou totale de données d'observation.

1. Estimation des ressources d'eaux de surface.

Le module du débit des rivières peut être estimé en général avec une exactitude suffisante, même en l'absence de jaugeages directs, sur la base des données relatives aux précipitations et à la température de l'air dont la valeur approximative peut se calculer de nos jours, pour n'importe quel point du globe, en se basant sur sa position géographique, son altitude et son orientation par rapport aux vents.

Les hydrologues s'efforcent depuis plusieurs décennies à déterminer, en s'appuyant sur les statistiques et sur des raisonnements physiques, des relations exprimant pour un bassin versant donné, le rapport entre la précipitation /P/ , l'écoulement /H/ et l'évapotranspiration /E_B/. Puisque pour la moyenne d'une série

d'années

$$H = P - E_B$$

et P pouvant être supposé connu, il suffit de pouvoir calculer l'une des deux inconnues, l'autre s'obtenant par simple soustraction. (Valeurs exprimées par la hauteur en mm de lame d'eau répartie uniformément sur la superficie du B.V.)

De simples raisonnements conduisent à l'évidence que l'évapotranspiration dans un point donné (et partant l'écoulement aussi) dépend non seulement de la température, mais de la quantité des précipitations aussi. En désignant la température moyenne annuelle par t (°C)

$$E_B = f(P,t) \quad \text{resp.} \quad H = f(P,t)$$

Les formules les plus connues de ce genre sont celles de W. Wundt (1), de A. Coutagne et de L. Turc (2).

Etant donné que pour les régions ayant la même température moyenne annuelle l'évapotranspiration (et l'écoulement) peut montrer de fortes différences suivant la répartition au cours de l'année, l'on a établi dans une étape suivant des relations pour des régions géographiques limitées (p.ex. A.N. Khosla (3) pour les Indes) ou introduit - sur la base de raisonnements physiques - encore d'autres variables.

Du point de vue théorique la méthode de calcul de M.J.Budiko examinant le bilan hydrologique sur la base du bilan radiatif du terrain est certes remarquable (4) . Avec le développement des mesures relatives à la radiation solaire cette méthode deviendra sans doute un auxiliaire utile des hydrologues. Une voie plus pratique est suivie par W.B. Langbein (5) qui remplace la température moyenne annuelle par la température corrigée $t' = \sum t_i P_i / \sum P_i$ ou l'indice i marque les valeurs mensuelles.

Cependant dans des cas concrets il ne suffit même pas toujours de prendre en considération les trois facteurs dominants qui déterminent la valeur de l'évapotranspiration. Sur la base de mesures effectuées à l'aide de lysimètres L. Turc calcule l'évapotranspiration par décades et tient compte de la radiation solaire, de la capacité de rétention du sol et de la consommation d'eau de la végétation aussi. Il obtient la somme annuelle sur la base des 36 valeurs décadaires, donc il tient compte de l'allure du temps aussi. Toutefois si nous appliquons cette méthode à un bassin particulier nous devons forcément remplacer les variables par certaines valeurs moyennes approximatives, de sorte que le résultat aussi ne pourra être qu'approximatif.

Ces dernières années l'on a beaucoup parlé - surtout dans la littérature météorologique et géographique - de la méthode de calcul statistique de C.W. Thornthwaite élaborée a l'origine pour des comparaisons climatologiques et développée par la suite en vue de la détermination du bilan hydrologique et de l'écoulement d'un bassin particulier. En comparant l'écoulement de quelques bassins versants de la Hongrie on constate cependant des écarts considérables entre les valeurs observées et calculées avec la susdite méthode (fig. I), ce qui peut s'expliquer comme suit (7):

(1) Comme les autres, ce procédé ne tient pas non plus compte des caractéristiques spéciales des bassins versants (relief, densité du réseau hydrographique, rétention à la surface

et dans les lits, etc.

(ii) Si la précipitation tombée dans l'unité du temps (mois ou jour) est inférieure au pouvoir évaporant de l'atmosphère le procédé considère l'écoulement égal à zéro, alors que dans certaines circonstances - p.ex. lors de violentes averses - d'importantes quantités d'eau peuvent arriver dans les lits des cours d'eau même dans ces cas.

(iii) La capacité de rétention de la couche superficielle du sol, l'un des plus importants facteurs de départ du calcul, recèle beaucoup d'incertitudes. D'écarts fort grands peuvent se présenter par rapport aux 300 mm proposés pour les conditions moyennes.

Dans un cas donné il est utile d'essayer plusieurs méthodes et d'apprécier les résultats autant que possible à la lumière des observations locales ou se rapportant à d'autres régions à caractéristiques analogues. Ce faisant, il faut prendre en considération toutes les circonstances qui font augmenter resp. diminuer l'écoulement (pente et orientation des versants, forme et relief du bassin versant, les caractéristiques du sol, la couverture végétale, densité du réseau hydrographique, etc.) et il faut procéder avec toute la précaution qui s'impose dans les études de projets. Nous avons trouvé p.ex. que dans les régions de montagnes de la Hongrie le procédé de Langbein est satisfaisant alors que sur la Grande Plaine d'une superficie de 100 000 km^2 tout à fait plate il fallait diminuer de 60 % les valeurs calculées de l'écoulement du fait de l'importance de la rétention.

En multipliant l'écoulement ainsi déterminé pour chacun des bassins élémentaires avec l'aire de celui-ci et en le divisant en suite avec le nombre des secondes de l'année nous obtenons le module de l'écoulement (Q m^3/sec) dont la croissance depuis la source vers l'embouchure peut se représenter utilement dans un profil en long.

Si nous connaissons, en nous appuyant sur des observations et jaugeages systématiques effectués dans au moins un profil de la rivière, les conditions d'écoulement et si nous pouvons calculer les débits spécifiques se rapportant à la crue et à l'étiage, puis leur valeur par rapport au module, on peut construire le profil en long hydrologique suivant fig. II. Si celle-ci est construite pour le bassin versant resp. le cours d'eau tout entier en tenant compte des aspects géographiques, géologiques et météorologiques, et en comparant sans cesse entre elles les valeurs obtenues pour les divers profils, nous obtenons sans faute des résultats acceptables (8). A titre de contrôle on peut exécuter pour certains profils des calculs hydrauliques, p.ex. sur la base de traces de crues.

2. Quelques méthodes d'examen des conditions d'évaporation.

La connaissance de l'évaporation des nappes d'eau est nécéssaire en premier lieu dans l'élaboration ds projets de barrages réservoirs et de viviers. La différence entre le pouvoir évaporant de l'atmosphère c.à.d. de l'évapotranspiration potentielle sous un climat donné (qui serait le plus favorable pour le développement de la végétation si elle pouvait être atteinte) et de l'évapotranspiration réelle sert de point d'appui à l'élabo-

ration de projets d'irrigation à grande échelle.

a./ La détermination de l'évaporation à partir des surfaces d'eau libres

De par le monde ce sont les bacs d'évaporation placés à l'air libre qui se sont avérés les plus adéquats pour la mesure de l'évaporation à partir des surfaces d'eau libres.

Du fait de la variation relativement restreinte de l'évaporation annuelle et du rapport serré entre la valeur de l'évaporation moyenne pluriannuelle et les facteurs climatologiques, une série d'observations de 3-5 ans de quelques stations bien choisies peut déja fournir une orientation satisfaisante au sujet des conditions de l'évaporation de surfaces étendues aussi. Afin de pouvoir passer des données obtenues avec les bacs aux surfaces d'eau naturelles à caractéristiques diverses il importe que les dimensions et la situation des bacs correspondent exactement aux types internationalement agréés dont les facteurs de réduction sont, au moins approximativement, connus. L'emploi simultané de deux bacs d'évaporation par station est à recommander (le type "A" du U.S. Weather Bureau proposé par le WMO et le type GGI-3000 normalisé en URSS). L'appareil de mesure du niveau d'eau d'après Fazekas employé dans le réseau hongrois peut desservir sur une station deux ou plusieurs bacs d'évaporation (9) (Fig. III).

A défaut de données de mesures directes on peut s'orienter au sujet des valeurs caractéristiques de l'évaporation avec des calculs basés sur des données climatologiques resp. de l'allure du temps aussi. Ces calculs sont encore utiles pour extrapoler dans l'espace et le temps des données de mesures sporadiques.

Dans les calculs que nous avons fait dans ce but en 1957 pour le territoire de la Hongrie (10) nous avons employé la formule empirique

$$E = a\,(e_o - e)\,(1 + bv)$$

employée largement dans d'autres pays aussi, formule où E est l'évaporation mensuelle en mm, e_o la tension de vapeur saturante correspondant à la température moyenne de l'eau en surface (mm mercure), e la valeur moyenne de la tension effective de la vapeur d'eau dans l'air, au voisinage de la surface de l'eau (mm mercure), v la vitesse moyenne mensuelle du vent en m/sec, a et b des constantes dépendant des prescriptions pour les observations météorologiques (en cas d'observations conformes aux normes en vigueur en Hongrie a = 11 et b = 0,20).

C'est la détermination des données de base (température de l'eau, tension de vapeur et vitesse du vent) réellement caractéristiques de la région resp. de la surface d'eau à caractériser qui constitue la principale difficulté du calcul. Il est utile de procéder à l'élaboration en faisant toujours intervenir plusieurs stations à dispositions naturelles diverses d'une région plus au moins étendue. Sur la base de relations déterminées par régions et séparément pour chaque mois, et s'appuyant sur les données relatives à la température de l'air, on peut, dans une certaine mesure, suppléer à l'insuffisance de données relatives à la température de l'eau et à la tension de vapeur de l'air, resp. éliminer l'effet du manque d' homogénéité des données dû à la technique des mesures.

b./ Détermination du besoin en eaux d'irrigation sur la base de données climatologiques

L'irrigation doit suppléer la différence entre la quantité la plus avantageuse pour les plantes cultivées et celle effectivement disponible. Cette donnée se rattache étroitement à l'évapotranspiration potentielle qui représente pour les larges alentours d'un point donné et dans les conditions climatiques et atmosphériques en question, la valeur moyenne de la plus grande évaporation possible.

Les propositions en vue de la détermination de l'évapotranspiration potentielle E_o peuvent se classer en deux groupes: 1.) Le calcul basé sur des relations statistiques déduites des observations sur lysimètres artificiellement maintenues humides (6). 2.) Le calcul basé sur les lois du bilan radiatif du terrain humide (4).

A cause des difficultés déja mentionnées au chapitre 1 nous avons employé au cours des élaborations réalisées dernièrement pour l'espace de la Hongrie et du bassin des Karpates en vue de déterminer l'évapotranspiration potentielle la relation

$$E_o = f(T_{10})$$

représentée par un trait pointillé sur la fig. IV, relation que nous avons déduite des données de bassins versants secondaires pour lesquels on peut supposer que l'évapotranspiration réelle et potentielle sont identiques (la moyenne du coefficient d'écoulement calculé sur plusieurs années est supérieure à 0,5) (11). Pour les régions basses et des collines du bassin des Karpates $E_B < E_o$, l'évapotranspiration est donc soumise à l'influence de la quantité d'eau disponible, par conséquent

$$E_B = f(T_{10}, P)$$

(T_{10} désigne la somme annuelle moyenne des températures moyennes journalières dépassant 10 °C).

L'emploi du procédé suivant fig. IV pour la détermination de l'évapotranspiration potentielle peut se recommander en premier lieu pour des bassins secs entourés de hautes montagnes riches en precipitations. La différence entre la valeur E_o et l'évapotranspiration E_B, le "manque d'évapotranspiration", constitue la valeur-limite supérieure du supplément en eaux dont l'irrigation a besoin. Avec l'emmagasinement des précipitations locales cette valeur peut être en général diminuée considérablement, car l'écoulement étant devenu zéro l'irrigation ne doit suppléer que le "manque de précipitation": $(E_o - P)$.

Afin de pouvoir examiner les variations du besoin d'eaux d'irrigation d'année en année et au cours de l'année il faut encore connaître les valeurs mensuelles de l'évapotranspiration réelle. Un détail de procédé de calcul élaboré a cette fin est présenté sur la fig. V dont l'emploi permet de déterminer, sur la base de la température moyenne mensuelle, la valeur approximative de l'évapotranspiration mensuelle (10).

3. Bases hydrologiques de la régularisation du niveau d'eau des lacs

Il est souvent nécessaire de modifier le régime des eaux

naturelles des lacs afin de diminuer la variation annuelle du niveau d'eau ou augmenter les débits d'eau pouvant être dérivés. Si le lac a un surplus d'eau important c'est généralement la construction d'écluses d'évacuation qui constitue la solution la plus adéquate. Si l'évaporation annuelle diffère considérablement de la précipitation on peut radicalement modifier, avec une modification relativement restreinte de la surface du lac (en faisant baisser ou monter le niveau d'eau moyen) son bilan hydrologique, par là son régime des eaux, et par ailleurs ses conditions chimiques et biologiques aussi. Dans des régions chaudes et au climat sec on peut encore penser à la réduction artificielle de l'évaporation.

a./ Choix du débit devant servir de base aux calculs des ouvrages d'évacuation

En dressant les projets des écluses de régulation il faut connaître, afin de pouvoir choisir la solution la plus économique, le rapport entre la capacité d'évacuation des écluses (Q) et les données caractérisant les variations du niveau d'eau du lac. Suivant les études faites en Hongrie un débit

$$Q_{écon} = Q_o + B\,(Q_{max} - Q_o)$$

peut servir de base pour déterminer les dimensions des ouvrages d'évacuation économiques. Dans cette formule approximative Q_o = l'écoulement correspondant à la moyenne pluriannuelle du surplus d'eau du lac et Q_{max} = l'écoulement correspondant au surplus mensuel maximal pouvant arriver au cours de périodes d'une certaine longueur. La valeur du facteur B reste - abstraction faite de cas tout à fait exceptionnels - pour les diverses conditions climatiques entre 0,20 et 0,30.

b./ Réduction de l'évaporation des nappes d'eau

L'accroissement des réserves d'eau utilisables des lacs et réservoirs d'une superficie moindre de quelque km^2 dans les régions arides et semi-arides peut être obtenu par l'emploi de matières chimiques diminuant l'évaporation. Au cours des dernières années des recherches de grande envergure furent exécutées de par le monde au sujet du choix des matières convenant le mieux au but proposé et au sujet des aspects techniques et chimiques de leur emploi (12).

Les recherches effectuées dans ce domaine en Hongrie dans les années 1959-61 (13) se concentrèrent - se rattachant aux résultats atteints à l'étranger - sur deux groupes de questions: 1.) effet de l'emploi des matières chimiques sur le bilan thermique de la surface d'eau; 2.) la diminution dans le temps de l'efficacité des matières employées.

A titre d'exemple de ces dernières recherches la fig. VI. montre pour un produit d'alcool cétylique de la British Chemical Industry l'allure moyenne de la diminution de l'efficacité dans le temps (E = évaporation de la surface d'eau libre, E' = évaporation de la surface protégée par une couche monomoléculaire.)

Dans les conditions qui prévalent en Hongrie l'emploi de matières chimiques est économique dans les cas où la valeur de l'eau ainsi économisée dépasse 3-4 Ft/m^3.

4. Programme à recommander pour dresser rapidement un inventaire des ressources d'eau

Les tâches peuvent être accomplies dans l'ordre suivant

a.) On délimite les bassins versants sur de cartes ou/et de photographies aériennes; on établit le projet du réseau des stations hydrométéorologiques de base et fixe l'ordre dans lequel celles-ci devront être mis en service, enfin on forme du personnel technique auxiliaire à un rapide cours. Les observations sont commencées (14).

Les stations sont à installer en partie le long des principaux cours d'eau, en partie sur de bassins versants types, aux conditions climatiques et d'écoulement caractéristiques. Elles seront chargées de la mesure de tous les facteurs météorologiques et hydrologiques importants.

b.) Tournée en expédition sur le territoire du système d'eaux à examiner. Collection de données se basant sur l'interrogation des habitants connaissant les conditions locales (crues, étiages extraordinaires, etc.)- détermination des débits de crue sur la base de traces d'inondations. Création de stations temporaires pour quelques années; jaugeages de débits en vue de déterminer les proportions entre les débits de la rivière principale et des affluents resp. entre ceux des affluents.

c.) Première détermination approximative du bilan hydrologique du territoire (P, E_B, H) sur la base de données météorologiques, de mesures exécutées sur les bassins-types, enfin les comparaisons avec les données d'autres régions à caractère analogue. Construction de profils en long hydrologiques et, autant que possible, leur correction en s'appuyant sur des données de mesures resp. sur la base de "l'analogie hydrologique". Détermination, en fonction de la superficie du bassin versant, du rapport entre le débit de crue et le module, resp. entre ce dernier et le débit d'étiage.

d.) En s'appuyant sur les expériences de la tournée on désigne les profils dans lesquels les jaugeages de débit doivent s'exécuter régulièrement et l'on fixe le programme de ceux-ci. Nomination d'hydrologues régionaux et leur instruction complémentaire. Organisation du contrôle et de l'élaboration statistique continus des stations et des résultats de mesures. Récapitulation et publication de ces dernières par systèmes d'eaux.

e.) Organisation d'un service d'annonce et de prévisions hydrologiques, - études spéciales - p.ex. au sujet du transport de débit solide, du régime de la température de l'eau, de l'envasement de réservoirs, des conditions chimiques des eaux, etc. - en tenant compte des exigences de la vie économique a prévoir.

f.) Organisation d'échanges d'expériences annuelles à l'intention des hydrologues. Organisation, de temps à autre, de cours d'hydrologie pour assurer la formation de cadres. Rédaction et publication des instructions.

B i b l i o g r a p h i e

1. Wundt, W.: Gewässerkunde. Springer, Berlin (1953)
2. Turc, L.: Calcul du bilan de l'eau, évaluation en fonction des précipitations et des températures. Ass. Intern. d'Hydrologie, Publ. No. 38. (1954).
3. Khosla, A.N.: Appraisal of Water Resources: Analysis and utilisation of data. Proceedings of the U.N. Scientific Conference on the Conservation and Utilization of Resources, IV. (1952)
4. Budiko, M.J.: T'eplovoi balans semnoj poverchnostii, Gidrometeoizdat, Leningrad, (1956).
5. Langbein, W.B. and Others: Annual run-off in the United States. Geological Survey Circular 52. Washington, (1949).
6. Thornthwaite, C.W. - Mather, J.R.: The water balance. Drexel Institute of Technology, Laboratory of Climatology, VIII/1. Centerton, New-Yersey, (1955).
7. Szesztay. K.: Estimation of the water balance of catchment areas in Hungary. Időjárás, 62. No. 6. pp. 313-328, Budapest, (1958).
8. Lászlóffy, W.: Les modules de l'écoulement spécifique en Hongrie et les profils en long hydrologiques. Vizügyi Közlemények. 36, No. 2. Budapest (1954). (En hongrois, avec résumé français.)
9. Szesztay, K.: Evaporation pan measurements in Hungary. WMO Bulletin, VIII. No. 4, p. 198.(1959)
10. Szesztay K.: Water balance survey of lakes and river basins in Hungary. Intern. Ass. for Scientific Hydrology. Publ.No. 51 (1960).
11. Szesztay, K.: Angaben über den Wasser- und Wärmehaushalt des Karpatenbeckens. II. Meteorologische Tagung der Karpatenländer. Budapest, (1961). (Sous presse).
12. World-wide survey of experiments and results on the prevention of evaporation losses from reservoirs. Intern. Commission on Irrigation and Drainage. Hira Art Press. Delhi (1960)
13. Szesztay, K.: The reduction of water surface evaporation through monomolecular films. Hidrológiai Közlöny, 42, No. 5. Budapest (1962) (En hongrois, avec résumés anglais et russe).
14. Standards for Methods and Records of Hydrologic Measurements. ECAFE ,U.N. Publications. Sales No. 1954. II. F.3. Bangkok, (1954).
15. Lászlóffy, W.: Les recherches hydrologiques en Hongrie. La Houille Blanche, Grenoble, No. 1/1962.
16. Kohler, M.A.: Design of Hydrological Networks. - Linsley, R.K.: Techniques for Surveying Surface-Water Resources. - WMO. Technical Notes Nos. 25 and 26. Geneva (1958)

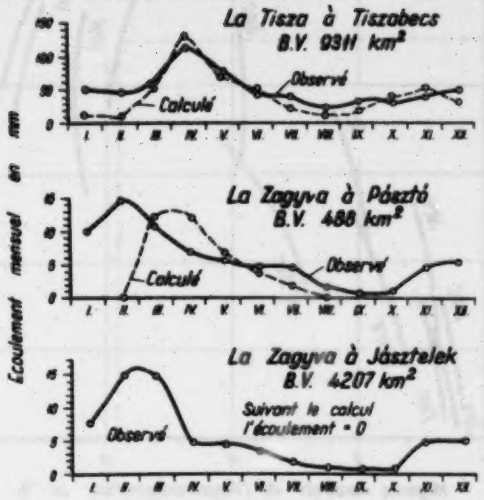

Fig. I. Comparaison des écoulements observés avec les valeurs calculées d'après Thorthwaite.

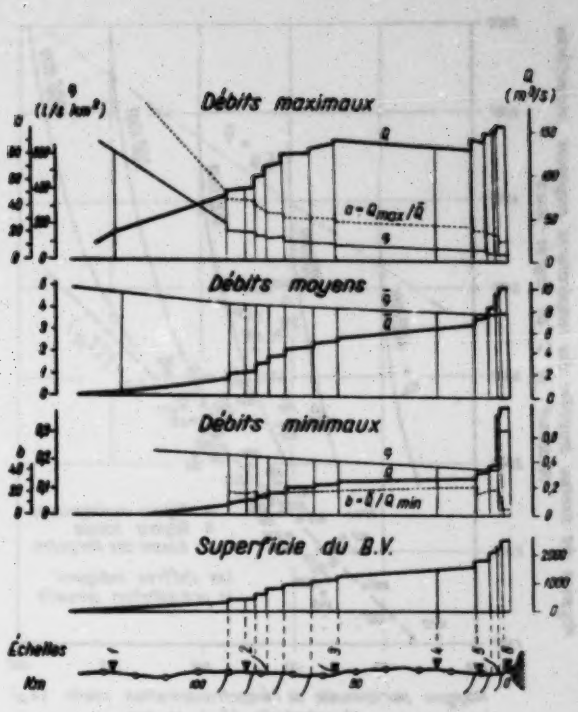

Fig. II. Profil en long hydrologique d'un cours d'eau secondaire de Hongrie.

Fig. III. Bacs d'évaporation. Mesure du niveau de l'eau à l'aide de l'appareil portatif de Fazekas.

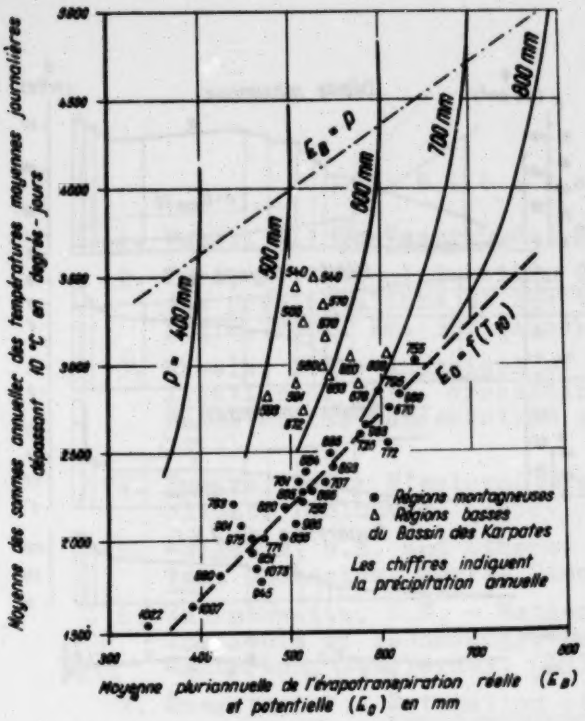
Moyenne des sommes annuelles des températures moyennes journalières dépassant 10 °C en degrés - jours
Moyenne pluriannuelle de l'évapotranspiration réelle (E_R) et potentielle (E_0) en mm
$E_R = P$
$E_0 = f(T_M)$
P = 400 mm
500 mm
600 mm
700 mm
800 mm
Régions montagneuses
Régions basses du Bassin des Karpates
Les chiffres indiquent la précipitation annuelle

Fig. IV.
Evaluation de l'évapotranspiration potentielle sur la base des données de température et de précipitation.

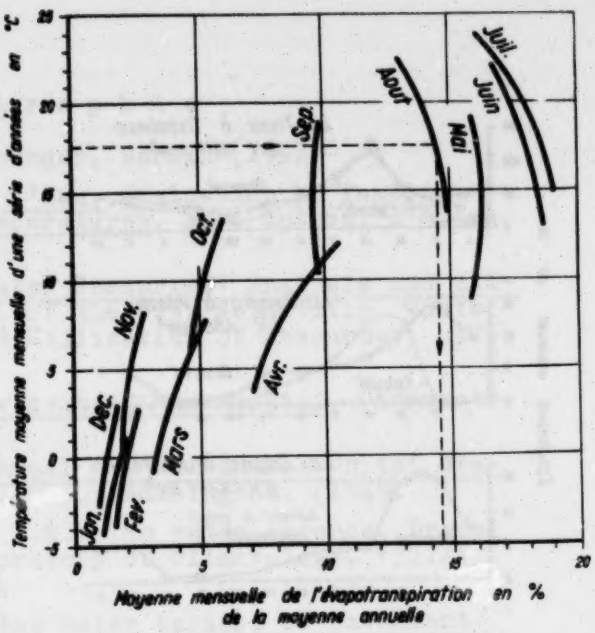

Fig. V.
Exemple de l'évaluation de la moyenne de l'évapotranspiration mensuelle à partir de la température moyenne mensuelle de l'air.

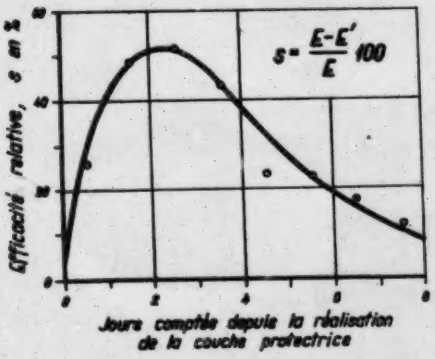

Fig. VI. Exemple de la variation de l'efficacité d'une couche protectrice servant à réduire l'évaporation.

E/CONF.39/A/85
9 Oct. 1962
ORIGINAL : ENGLISH

UNITED NATIONS CONFERENCE
ON THE APPLICATION OF SCIENCE AND TECHNOLOGY
FOR THE BENEFIT OF THE LESS DEVELOPED AREAS

Agenda Item: A.1.2

Netherlands

ORGANIZATION OF CARTOGRAPHIC SERVICES IN DEVELOPING COUNTRIES

By Prof. Dr. W. SCHERMERHORN
Dean of the International Training Centre
for Aerial Survey (I.T.C.),
Delft - Netherlands

Papers have been contributed to the United Nations Conference on the Application of Science and Technology for the Benefit of the Less Developed Areas as working papers for that Conference. They are published as presented by the contributors, and the contents and the views expressed are those of the contributors. (See notes overleaf.)

NOTES

1. Papers selected for inclusion in General Sessions will be available at the Conference in the following official languages of the United Nations: English, French, Russian and Spanish.

2. Papers selected for inclusion in Specialized Sessions will be available at the Conference in only one of the above official languages.

3. Summaries of all papers, as submitted by contributors, will be available at the Conference in the following official languages of the United Nations: English, French, Russian and Spanish.

4. Papers and summaries will not be available for general distribution in advance of the Conference. They will be published in advance in limited quantities only for the use of delegations of participating governments and of other authorized participants. Post-Conference publication and general distribution of the Conference Proceedings will follow United Nations practices as laid down by the United Nations Publications Board.

A.1.2. ORGANIZATION OF CARTOGRAPHIC SERVICES IN DEVELOPING COUNTRIES

PROF. Dr. W. SCHERMERHORN

Dean of the International Training Centre for Aerial Survey

(I. T. C.), Delft - Netherlands

Par. 1. Introduction.

With the exception of such services in which the administrative aspects are more important than their cartographic activities, such as land registration and cadastre, the character of all cartographic organizations is more and more being determined by the application of aerial survey. It may be that there still exist a large number of small offices, mainly private, which use ground survey methods only, the most important government services and the larger private organizations, however, apply air photography to their cartographic problems. Therefore we will deal in this paper only with the organizations of aerial survey services.

Airplanes, airborne equipment, such as photogrammetric cameras and auxiliary instruments, photogrammetric restitution instruments and the many other items of equipment required to carry out effectively any photogrammetric task, are quite expensive, both to purchase and to use. The capital cost alone of establishing an organization to engage in photogrammetric work, even an organization of very restricted scope, is such, that, compared with terrestrial survey methods there is much less possibility of small organizations coming into being. Thus there is an almost irresistable tendency towards centralization of photogrammetric establishments in a small number of large and well-financed organizations. This tendency is as applicable to government as it is to private organizations. In the past the cost of equipment could be computed as a percentage of the annual salary of one man. This is changed entirely now and consequently the present tendency is away from the individual surveyor and towards the team.

Where the task is associated with general topographic mapping for military purposes and for other purposes connected with national planning, a centralized government service is usually created, frequently under military control. The necessary capital investment finds an appropriate place in the national budget. In the more varied and specialized fields of project mapping for purposes associated with engineering, with agriculture, with cadastral requirements and with other needs, a degree of decentralization is both possible and evident in some countries. Even here, however, the high capital cost coupled with a rather exacting requirement for personnel, combine to limit the practicable degree of this decentralization, regardless of whether the work is carried out by government or by private organizations.

Par. 2. Organization of Government Services.

The distinction between general topographic mapping and specialized project mapping raises the question whether one or two organizations should be created. While the equipment and the technical knowledge of the personnel, required for project work, will be dictated by the particular nature of each project resulting in the use of a variety of methods and equipment, these requirements will vary for general topographic mapping only according to variations in the terrain. Consequently the choice is between either two separate services or at least separate branches of the one centralized service. Experience taught the author that in services in which both branches are combined, the great need for project maps sets back the general topographic map of the country. In addition to this danger we believe that also for the different technical procedures which must be applied for the production of a topographic map and for the wide variety of large-scale technical and administrative maps, the establishment of two different services should be recommended.

Both these branches, however, should make use of the same centralized flying organization. This may be either an independent organization, a branch of one of the photogrammetric divisions, or of an overall organization for aerial survey. In some countries this task is entrusted to the regular military photographic division of the air force. This solution is not favoured by the author, as there is an ever-increasing difference between the requirements of air photography for civil and for military purposes. The military requirements of fast aircrafts with a high ceiling, while it may be suitable for general mapping at very small scales, is quite unsuited for larger scale project works, where low flying heights and, in particular, low speeds of flight are becoming more and more essential. Furthermore a stable organization of well-trained specialized personnel, possible in a permanent civil service is far more difficult to obtain in a military service, at least at the commissioned rank level.

In some less developed countries in which no well-equipped air photographic organization exists, the necessary airphotographs are obtained by means of public tenders invited on the international market. Although in that case nearly always first-class photography is obtained, the great disadvantage of this method is that a great mass of air photographs is delivered at the same time which cannot be mastered by the cartographic service of the country within a reasonable delay.

It may be mentioned that specially the project mapping branch will need the continuous presence of a photographic airplane with crew for the production of various kinds of large-scale photographs required for a wide variety of engineering, agricultural and other projects. Unfortunately this photographic unit is in almost all developing countries the weakest spot in their aerial survey organization. Either there exists nothing or the air photography is entrusted to the military air force which in many cases has no skill in this kind of work and furthermore is not under the command of the cartographic service. The result is that in several countries the air photography is the bottleneck of photogrammetric map production. Efficiency is hampered by poor navigation and, in many cases also poor quality of the photographs. In the paper K. 1. 2. and K. 2. 3 Specialized Training as a means of accelerating the formation of Scientific and Technological Cadres, we will deal with the possibilities of training of air photographic staff as a group of specialists.

It may be accepted therefore that whether the organizations are all branches of the one department or whether they are autonomous to a certain degree, there will generally be a need for three categories of organizations for carrying out the cartographic work required in any country for government purposes, using air survey. These will be:

1) The general topographic service.
2) The Project Mapping Service.
3) The specialized flying and photographic organization.

The Project Mapping Service must have a relationship to client departments very similar to that of consultant or contractor to client in civil matters. It should maintain an effective liaison with departments, responsible for the design of roads or the registration of cadastral information, with local government authorities or with departments of agriculture, forestry, geology or others concerned with the assessment and development of natural resources. Whether specialists in the various fields (soil scientists, foresters and geologist, etc.) are employed by the Cartographic Service or by the respective client department is a matter of detail which will depend on the preferences of the people concerned and on the general public service structure existing in each particular country. The important condition, however, is that there exist close ties and a good coordination between all organizations of the country concerned with cartography or with the use of air photographs. A cartographic council or a geodetic committee consisting of representatives of ministries and services, dealing with cartographic matters and of scientists in those fields from the universities, can render excellent services for coordination of the cartographic activities of developing countries.

Par. 3. Organization of Personnel.

Although we will not deal with these matters in great detail, it must be realized that they are extremely important and that the points to be considered are applicable equally to government and to private organizations. Many of the matters mentioned come within the sphere of personnel management of which quite an extensive study is warranted, both by private enterprise and by governments and in which experts advice should be sought.

In the field of mapping, as in any other field, be it technical or administrative, the organization of personnel cannot be considered as a problem separated from the training of that personnel, and the organizations must make adequate provision both for the training of personnel at all levels and for the reasonable advancements of the personnel so trained. Achieving this state of affairs in any particular organization is a matter of detailed analysis of the requirements both present and future and only general guiding principles need be enunciated here.

Each section of an organization must of course, be built up from its component past, which will be determined by the functions which it should discharge within that organization.

This is also valid in a cartographic organization in which we will consider the various sections which should exist within such an organization. Those sections are the following:

1) General management.
2). Planning and costing.
3) Air photography.
4) Control.
5) Mapping.
6) Photographic Laboratory.
7) Cartographic section.

We will pay attention to each of these sections.They have in common, however, that the section heads (in a government service they may be designated chief of division) of such an organization must all be men of high technical competence and a wide experience both in the specialized technical field and in the administration of a section of an organization.

It is obvious that the organization we have in mind should be of such a magnitude that it should be able to carry out mapping projects of any size and scope. For smaller organizations some of the sections naturally can be combined and the number of section heads reduced in accordance with this.

a) General Management.

In the case of a Government service this section would be headed by the director of that service, who would be responsible to an appropriate ministerial or departmental head. In either case this director would receive instructions on matters of policy from the authority to which he is responsible and his section would be charged with the implementation of that policy with the administration of the whole organization and the apportionment of tasks to its component parts. All other section heads will be responsible to this director and it will be his responsibility to ensure that there is an adequate liaison between the various sections on all matters of common or overlapping interests.

b) Planning and costing.

The head of this section should be the most senior from the point of view of status in the organization and the most experienced technical section head in the organization after the director. This section will be responsible for a systematic analysis of all proposed projects both in their technical aspects and in regard to cost. In addition the costs of all current work must be assessed and analysed in this section, as must the suitability of any suggestions from other sections regarding possible improvements in techniques or methods, either in use or proposed. Regular reports must regularly be made to the general management on all these matters, in addition to special reports as either called for or as may be seen to be desirable. In organisations having a capacity sufficient to carry out research for improving methods in use, the planning of this research must also be entrusted to this section. A cooperation with the section in charge of the subject concerned must be accepted, in planning as well as in execution of this research project.

c) Air Photography.

The head of this section (or sub-section if it is attached to Planning and Costing) must be a man with considerable aircrew experience and with a wide general knowledge of the problems associated with photogrammetry as they effect the flying mission. In some countries we find the combination of this section with the photographic laboratory, and this combination has advantages in smaller services. The photographic engineer will then also be trained as a navigator and act as chief of the section. Even more important to him than knowledge of general photogrammetric problems is knowledge of the scientific background of air photography in order for him to make a balanced assessment of the elements which will influence the quality and utility of the photographs which his section produces. If these provisos are satisfied, it will almost always be the Photographic Engineer - Navigator who will be head of this section and be in charge of the photographic mission.

d) Control.

This section will be responsible for the detail planning and the provision of all control, both ground control and densification by way of aerial triangulation. The provision of ground control involves the application of techniques, and the use of equipment, for ground survey, quite different from those employed in other types of ground survey associated with the photogrammetric production of maps. The execution, computation, and adjustment, of the necessary aerial triangulation, will also be carried out in this section. The section head, therefore, must be a photogrammetric engineer of considerable experience, but also a very sound knowledge, both theoretical and practical, of geodesy, will be a necessary pre-requisite.

e) Mapping.

This section will be responsible for carrying out all plotting work, and associated field sur-

vey such as pre-reconnaissance and completion surveys. Control provided by the Control Section will be used for this purpose, and there must, of course, be an adequate liaison between these two sections. The technical qualifications and experience of the personnel in this section will not need to be of such a high order as those of the personnel of the Control Section, and there will be opportunities of advancement, at many levels of staffing, from the Mapping to the Control sections. In those countries where field work is only possible at certain seasons there are obvious advantages in having all professional personnel trained both for photogrammetric plotting work and for field survey, so that each operator can carry out the field checks associated with his own plotting work.

In this section attention must be paid to the problem of work in shifts. In particular in less developed countries with low wages and high capital investment in photogrammetric equipment, working in shifts will be a logical consequence of the proportion between these two elements of cost of mapping. The same consideration is valid for the aerial triangulation in the control section. Working in two shifts of between 6 and 7 hours each, should be normal.

f. Photographic Laboratory.

This section will be responsible for all photographic laboratory work, including the processing of negatives, production of diapositives, paper prints, rectified prints, mosaics, etc. This section may in some cases be combined with that of air photography.

Unfortunately in some services and enterprises photography is still considered a kind of handwork of an empirical nature, and is entrusted to personnel without much scientific education, who can at best be considered as highly skilled labour. The recent development in the evaluation of photographic qualities may convince authorities that the requirements regarding education of the head of such a section is not less than for the geodesist and photogrammetrist.

g. Cartographic Section.

In many photogrammetric services the end product will be a fair drawing of the manuscript, produced by the mapping section, either by inking or preferably by engraving or scribing. This will be the case in particular in those services which are mainly engaged in project mapping for engineering and other purposes projects. In such cases reproduction is carried out by means of direct contact copying on diazo-materials in one colour, although at present the same procedure can also result in prints in two and even three colours. In such services it will not be worth while to organize a cartographic section for reproduction. This will be necessary only in those services where larger editions of multicolour maps are required, and will generally be entrusted to a separate branch of the organization. The reproduction branch of a topographic service is highly specialized and goes beyond the scope of this paper. In some countries there are even special organizations with a separate management. As a consequence of the fact that a technique of reproduction is entirely different from all techniques required for the production of the manuscript, we consider this beyond the scope of this paper.

Par. 4. Training of Personnel.

In the great majority of cases training and education in the field of photogrammetry takes place in the service itself. Photogrammetric restitution is considered a highly specialized profession in this sense, that the photogrammetric operator does not need much more education than is necessary to handle his equipment. The extreme examples are the hundreds of Kelsh operators in some parts of the world, who consider themselves photogrammetrists and unfortunately are also called photogrammetrists by others. Their basic education is limited

to the problem of orientation in a Kelsh Plotter. The interpretation of the stereoscopic image in such a way that the fully justified representation of the topographic features of the terrain will be the result of the restitution should, however, also be based on a special study of geomorphology.

With regard to the education of responsible staff members of many of the photogrammetric services it should be mentioned that nearly everywhere photogrammetry is a subject and not the most important one, in a civil engineering course. On the European Continent and in Russia the situation in this respect is better, since there are special degrees in geodesy. In these courses an increasing stress is laid on photogrammetry. This combination of a higher education in surveying and photogrammetry is essential for leading staff members of cartographic services of today.

The consequence of this broader education of surveyors and geodetic engineers with a university degree in surveying, is that several of them are following at present specialized postgraduate courses in photogrammetry as offered by special institutes, in order to arrive at the best possible combination for a leading photogrammetrist.

In the field of technicians and operators there are two possibilities to obtain personnel: either to give survey technicians a photogrammetric training or to include sufficient elements of surveying and field work in the education of photogrammetric operators.

A photogrammetric operator who does not know either how the field really looks or the fundamental operations of measuring angles and distances in the terrain with the additional elementary computations, is only a poor photogrammetric technician and because of the narrow field of his knowledge, a danger to himself. Consequently in each specialized course for photogrammetry at least the elementary surveying problems must be included.

Another problem is whether this training should be organized in special courses or whether it is sufficient to let the trainee straightaway take part in productive work and give him the task of mastering the theory on his own from instruction books and discussions. It is our experience that the last method is not sufficient. Whether a future photogrammetrist is sent to special courses outside the service or whether the service is large enough to organize special courses itself, is of secondary importance: the main point is that special courses are organized which make that afterwards a technician and an operator feel that their knowledge and experience are more than adequate for everyday work.

Par. 5. The role of private enterprise.

It is not difficult to understand that private enterprise, even in the early stages of the development of aerial survey, tried to sell this new method and its advantages both to Governments and to private organizations in various countries. The commencement was naturally with aerial photography, which was followed by the introduction of plotting from photographs. In this way private enterprise has played a role in the promotion of photogrammetry and it is continuing at present along the same lines. In several less developed areas and in new states foreign private enterprise has rendered services to the governments of these countries by providing them with the necessary maps and photographs required for development projects far beyond the production capacity of a national cartographic service in its early beginning.

Although at present many of these countries do their utmost to improve their national cartographic services and particularly invest not only money in equipment, but also in training of the national manpower, still, it must be admitted that in many cases there exists a gap between the production capacity of these new services and the need for maps and photographs of these countries. Consequently there still remains an important task for private organizations.

Since the role of private enterprise in cartography is, in particular in less developed countries, important, a paper dealing with problems of organization of cartographic services should mention a few of the principal considerations for and against the use of private enterprise for mapping. They are as follows:

Advantages:

1) Provided that the specification truly specifies the requirements, a tender will mobilise the most efficient means of satisfying those requirements, which may be available to the various enterprises which submit quotations.

2) It may be that, even if an organization is established in the country, the methods and equipment available to this organization may be less suited to the requirements of the job than those available to some other company.

3) Where maps are required in addition to normal production, it may be preferable to have them provided by contract, rather than to consider the alternatives of either extending the existing organization, with an inevitable loss of time, or interfering with the regular job of that organization.

4) Generally speaking, although there will doubtless be some who will contend to the contrary, the cost of a job carried out by private enterprise will be less than the cost of the same job done by a government service, particularly in the case of competitive tendering.

The disadvantages, or what are frequently considered to be the disadvantages of contract work, are as follows:

1) Funds must be made available on the departmental estimates for the project, as such, which involves a necessity which is sometimes thought to be irksome, of making out a case for the project concerned. In the case of work carried out directly by an established government organization, the required budgetary provision will be made as a matter of course, in the normal departmental estimates for salaries, etc., and although the cost of a project is unlikely to be less in this way, there is unlikely to be a need to make out a particular case for the project.

2) An intensive control of quality must be carried out, which while easy for photographs, is very tedious and complicated for maps. If a tolerance is specified in the form of a mean square error, it will be necessary to check at least two hundred points. In this case, the clause may be interpreted to mean that no more than 5% of the points checked should exhibit errors exceeding twice the specified mean square error. No absolute tolerance should ever be specified, and no reputable contractor would ever tender on such a basis.

3) The time necessary for the check will be so long that, in practice, only a few tests will be made, and the control will generally be found to be unsatisfactory.

4) Difficulties will arise, both with the contractor and with the agencies requiring to use the maps, should the tests disclose a negative result. These agencies will generally be reluctant to accept the inevitable loss of time involved in improving the precision of the result by establishing more ground control and repeating the photogrammetric operations. This danger, and that mentioned in 3) above, suggest that a restricted list of contractors, known to be both competent and reputable, should be invited to submit tenders, or alternatively that there should be a stipulation in the tender notice that the principals reserve the right to accept or reject any tender, and not to be bound solely by a comparison of the prices submitted.

5) With the exception of photography and ground survey, the most efficient use of the organization of the contractor will generally require that the bulk of the work should be carried out in the country in which the contractor is established. Here again it will be necessary to have confidence in the integrity of the contractor concerned.

It is obvious that comparison of the advantages and difficulties listed above do not allow to

draw a conclusion about the desirability to make use of private enterprise. It will require a thorough study of the circumstances under which a certain project must be carried out, of the quality of the contractors willing to offer a bid on a tender and especially of the list of specifications for such a tender, before a decision can be taken.

Specially the description of the method of checking of the results presented by the contractors is important. The application of a scientifically justified sampling method and a close cooperation between the checking authority and the contractors organization can eliminate a great deal of the disadvantages mentioned above. Independent expert advice will in many cases be a wise policy in order to protect not only the government agency, but in some cases also the contractors.

739 E - Oct. 1962 - 1,600

E/CONF.39/A/86
9 Oct. 1962
ORIGINAL : FRANCAIS

CONFÉRENCE DES NATIONS UNIES
SUR L'APPLICATION DE LA SCIENCE ET DE LA TECHNIQUE
DANS L'INTÉRÊT DES RÉGIONS PEU DÉVELOPPÉES

Point de l'ordre du jour : A.5.2.1

Belgique

LA PHOTOGEOLOGIE AU SERVICE DES TRAVAUX PRELIMINAIRES A LA MISE EN VALEUR DES RESSOURCES MINERALES

Par J. GERARDS

et H. LADMIRANT,
Géologues
au Musée Royal de l'Afrique Centrale,
Tervuren, Belgique

Les mémoires rédigés à l'intention de la Conférence des Nations Unies sur l'application de la science et de la technique dans l'intérêt des régions peu développées sont des documents de travail. Ils sont publiés tels qu'ils ont été présentés et les assertions et opinions qu'ils contiennent sont celles de leurs auteurs.

NOTES

1. Les mémoires choisis pour être présentés en séance générale pourront être obtenus à la Conférence dans les langues officielles suivantes des Nations Unies: anglais, espagnol, français et russe.

2. Les mémoires choisis pour être présentés en séance spéciale pourront être obtenus à la Conférence dans l'une seulement de ces langues officielles.

3. Les résumés qui ont été rédigés pour tous les mémoires par les auteurs de ceux-ci pourront être obtenus à la Conférence dans les langues officielles suivantes des Nations Unies: anglais, espagnol, français et russe.

4. Préalablement à la Conférence, les mémoires et les résumés ne feront pas l'objet d'une distribution générale mais d'un tirage restreint destiné aux délégations des gouvernements et autres participants officiels. La publication et la distribution générale des actes de la Conférence s'effectueront conformément aux règles et pratiques agréées par le Comité des publications des Nations Unies.

LA PHOTOGEOLOGIE AU SERVICE DES TRAVAUX PRELIMINAIRES A LA MISE EN VALEUR DES RESSOURCES MINERALES

par J. GERARDS et H. LADMIRANT,
Géologues au Musée Royal de l'Afrique Centrale (Tervuren,Belgique)

1. INTRODUCTION et GENERALITES

a) L'essor économique des pays actuellement peu développés est , en grande partie , basé sur la prompte découverte et sur la mise en valeur de leurs richesses minérales .

b) La reconnaissance de gisements minéraux est simplement l'aspect économique de la recherche géologique en général . Le temps est dépassé où les prospections minières , poursuivies laborieusement sur le terrain , étaient orientées seulement vers une ressource minérale bien déterminée , négligeant délibérément la connaissance géologique d'ensemble . Suivant cette ancienne méthode , toute nouvelle recherche d'une autre valeur minérale ne pouvait s' appuyer sur les travaux précédents et les études devaient repartir à zéro .

c) Les méthodes de prospection les plus modernes , les plus rapides et les plus efficaces pour établir l'inventaire des richesses naturelles minérales d'un pays doivent être basées sur l'étude d'ensemble de vastes régions , étude visant à la compréhension de la lithologie et de la structure par l'établissement de cartes géologiques de base . Ces connaissances de géologie régionale permettent , dans la plupart des cas , de tirer des conclusions importantes relatives à l'ensemble des richesses minérales éventuelles et d'orienter rationnellement les études détaillées ultérieures ainsi que les travaux sur le terrain .

d) L'interprétation photogéologique est la technique la mieux appropriée à de telles études car elle est la seule à pouvoir fournir , en un minimum de temps et avec des frais minima , une vue d'ensemble suffisamment explicite .

e) Le matériel de base est constitué par la couverture aérophotographique systématique , les mosaïques et les cartes planimétriques .

f) Les caractéristiques techniques des photographies aériennes doivent satisfaire à certaines exigences de la photogéologie , énumérées ci-après :

i) bonnes possibilités stéréoscopiques sans déformation des reliefs
ii) netteté et finesse des détails (photos infra-rouge pour les régions à brumes persistances , sélection des dates de prise de vue en fonction des époques favorables)
iii) recouvrements latéraux suffisants
iv) excellents contrastes (choix des heures de vol , qualité des techniques photographiques employées)
v) échelle du 1/35.000 à 1/50,000 .

g) Les cartes planimétriques établies par restitution simplifiée sont suffisantes pour les interprétations aérophotographiques . Il n'est nulle -

ment nécessaire d'équiper, en vue de ces interprétations, un service complet de cartographie entreprenant la préparation de cartes altimétriques à grande échelle, travail s'étalant sur de nombreuses années. Il nous semble utile d'attirer l'attention des Gouvernements intéressés sur le coût extrêmement élevé de tels travaux en regard de l'intérêt mineur des documents topographiques de grande précision pour les études de photo-interprétation effectuées dans le cadre des travaux préliminaires à la mise en valeur des ressources minérales. La méthode préconisée est l'aérotriangulation par assemblage de plaques à fentes radiales (slotted template) et un transfert de l'interprétation cartographique par chambre claire. La planimétrie des régions à relief moyen peut être avantageusement dessinée par des appareils d'enregistrement suivant les lignes radiales. Ces cartes planimétriques expédiées, au 1/50.000 ou 1/100.000, peuvent, dans la plupart des cas, être confectionnées directement par les services de photo-interprétation.

2. ETABLISSEMENT DE LA CARTE GEOLOGIQUE DE BASE DANS LES PAYS PEU DEVELOPPES

a) Suivant l'état d'avancement des études géologiques antérieures, il convient de distinguer deux techniques essentielles :

i) Pour les régions vierges, c'est-à-dire où aucune observation géologique n'a été effectuée, l'établissement de la carte géologique de base comporte les différentes phases suivantes :

a) établissement d'esquisses morphologiques, lithologiques et structurales par interprétation photogéologique " à blanc ", aux échelles de 1/50.000 à 1/100.000. Ces esquisses mentionneront notamment les points d'affleurement, les directions et pentes des couches, les allures structurales, les accidents géologiques tels que failles et diaclases, les massifs intrusifs reconnaissables, les plages d'alluvions, etc ...

b) préparation des missions de reconnaissance sur le terrain. L'étude des photos aériennes aura, ici, pour but d'établir les itinéraires à suivre en fonction de la répartition des zones supposées favorables d'après les esquisses photogéologiques. Ces itinéraires, tenant compte des facilités d'accès, seront choisis de manière à récolter un maximum de renseignements en un minimum de temps.

c) travaux sur le terrain, avec repérage sur photos de tous les points d'observation.

d) établissement des cartes géologiques par étude photogéologique détaillée, appuyée sur les renseignements rapportés par les équipes de reconnaissance sur le terrain.

e) dessin de coupes géologiques et rédaction de rapports.

ii) Pour les régions partiellement reconnues, cas fréquent dans les pays peu développés, la méthode de photogéologie pré-contrôlée s'impose. Pour ces régions qui ont déjà fait l'objet d'études suivant les anciennes méthodes et pour lesquelles des renseignements, parfois abondants, mais disparates et mal répartis ne permettaient pas l'établissement de cartes géologiques régionales, cette méthode conduit le plus souvent à la confection directe de cartes géologiques de base.

Cette méthode de photogéologie pré-contrôlée a été mise au point par la Section de Géologie du Musée Royal de l'Afrique Centrale à Tervuren(Belgique), qui l'utilise avec succès depuis 7 ans pour l'établissement de cartes géologiques du Congo (Léopoldville), du Ruanda et du Burundi. Elle comporte les phases ci-après :

a) recherche et étude de la documentation existante : rapports de

missions d'exploration , notes de prospection , rapports des services officiels , travaux inédits , échantillons , documents topographiques anciens et récents .

b) localisation et report de toutes les observations disponibles sur des cartes planimétriques (1/50.000) avec établissement , par carte , d'un carnet d'observation condensant tous les renseignements issus des diverses sources .

c) coloriage des points d'observations en fonction de la lithologie , indication des directions et pentes observées .

d) étude générale et rapide des mosaïques photographiques en vue de dégager une première vue d'ensemble sur la morphologie et la structure . Les zones de bonne expression photogéologique seront souvent décelées par cet examen .

e) étude détaillée des photos aériennes par examen stéréoscopique. Cette étude débute par les régions qui possèdent à la fois la plus grande densité d'observations de terrain et une bonne expressivité photogéologique . On établit ainsi des clés d'interprétation permettant de poursuivre l'étude dans les régions voisines ne comportant que peu d'observations . Chaque fois que cela est possible , on contrôle la validité des clés au regard des observations de terrain rencontrées .
Lorsque la région présente un faciès aérophotographique particulièrement monotone , il peut être nécessaire de reporter les points d'observation sur les photos . Tracé sur photos des limites géologiques .

f) report des tracés sur la carte des observations au fur et à mesure de l'avancement du travail .

g) établissement de légendes , coupes géologiques et notices .

h) confection des différentes minutes pour l'édition de la carte .

3. LIMITATIONS

a) Les facteurs limitatifs des deux techniques sont de même ordre en ce qui concerne les phases d'interprétation photogéologique .

b) Un recouvrement forestier dense oblitère la plupart des détails . Seuls les reliefs importants et correspondants à des structures bien nettes peuvent encore être interprétés .

c) Un obstacle analogue et peut-être plus fréquent est constitué par les manteaux d'altération c'est-à-dire des recouvrements épais de sol .

d) Certaines formes de paysage sont particulièrement rebelles aux investigations photogéologiques . Les structures géologiques , plissements en particulier , ne s'expriment guère dans le paysage correspondant aux stades d'érosion très avancés (âge sénile , pénéplaine) .

e) La qualité du document final dépend en outre de la répartition judicieuse et de la valeur des observations faites au sol .

f) Il va de soi que la couverture photographique doit satisfaire aux exigences citées plus haut .

4. ORGANISATION ET RENDEMENT

a) Un service de photogéologie doit comprendre un personnel spécialisé réparti selon les proportions suivantes : à deux photogéologues bien entraî-

nés seront adjoints un dessinateur cartographe et un secrétaire technique. Par équipe de ce genre, il faut prévoir trois stéréoscopes à miroirs avec jumelles, une barre de parallaxe, une chambre claire pour photographies aériennes, un pantographe ou un projecteur épiscopique.

b) Au point de vue du rendement, les nombreux facteurs susceptibles d'influencer la vitesse d'exécution et la qualité des travaux énumérés ci-dessus rendent difficilement chiffrable le rendement global.

c) On peut toutefois estimer que l'établissement d'une carte géologique de base par la première technique (cas des régions vierges) peut être mené à bien en deux à trois fois moins de temps que par les anciennes méthodes.

d) La seconde technique (cas des régions partiellement reconnues), est plus rapide encore. Selon notre expérience de photogéologie pré-contrôlée appliquée à l'Afrique centrale (cartes géologiques au 1/50.000), on peut estimer qu'un photogéologue expérimenté et secondé par le personnel préconisé plus haut, effectue, en travail systématique, la cartographie de 600 à 800 Km^2 par mois en utilisant des photographies au 1/40.000. Ce rendement ne comprend pas le temps mis à la préparation des minutes d'édition, et la marge est principalement liée à la recherche de la documentation de terrain existante.

805 F - Oct. 1962 - 1,000

E/CONF.39/A/87
9 Oct. 1962
ORIGINAL : ENGLISH

UNITED NATIONS CONFERENCE
ON THE APPLICATION OF SCIENCE AND TECHNOLOGY
FOR THE BENEFIT OF THE LESS DEVELOPED AREAS

Agenda Item: A.3.2

Sweden

MODERN METHODS TO SECURE RELIABLE BASIC DATA FOR PLANNING OF WATER RESOURCES DEVELOPMENT

By Arne FORSMAN,
State Hydrologist
at the Swedish Meteorological
and Hydrological Institute,
Stockholm

Papers have been contributed to the United Nations Conference on the Application of Science and Technology for the Benefit of the Less Developed Areas as working papers for that Conference. They are published as presented by the contributors, and the contents and the views expressed are those of the contributors. (See notes overleaf.)

NOTES

1. Papers selected for inclusion in General Sessions will be available at the Conference in the following official languages of the United Nations: English, French, Russian and Spanish.

2. Papers selected for inclusion in Specialized Sessions will be available at the Conference in only one of the above official languages.

3. Summaries of all papers, as submitted by contributors, will be available at the Conference in the following official languages of the United Nations: English, French, Russian and Spanish.

4. Papers and summaries will not be available for general distribution in advance of the Conference. They will be published in advance in limited quantities only for the use of delegations of participating governments and of other authorized participants. Post-Conference publication and general distribution of the Conference Proceedings will follow United Nations practices as laid down by the United Nations Publications Board.

Modern methods to secure reliable basic data for planning of water resources development

by Arne Forsman, State Hydrologist at the Swedish Meteorological and Hydrological Institute, Stockholm.

1. Design of Hydrometeorological Networks .

(a) The Need for Hydrologic and Meteorologic Data.

(i) The collection of adequate reliable hydrologic and meteorologic data in a standardized manner is the first requirement of orderly planning for hydraulic development projects. There is no substitute for reliable basic data. The costs for data collection and processing are always small as compared to total project costs.

(ii) Basic data required for water resources development include:

streamflow and river and lake stage, which are the most important data and basic to the solution of most hydrological design and operation problems,

precipitation and snowpack, which are mainly needed to supplement and check streamflow data, but also used in storm frequency analysis and water balance computations,

evaporation, which is used in determining water losses from reservoirs and in computing the water balance of a drainage basin or region,

sediment transport and deposition, which are useful in the design of reservoirs, canals and other hydraulic structures.

(b) Existing Hydrologic and Meteorologic records.

(i) An inventory of all hydrologic records available from existing and abandoned observation stations should be prepared prior to planning a network. A critical review of this could sometimes save money, which otherwise could have been spent to obtain data, which

were already collected. The Weather Service usually employs a number of rainfall stations and in areas where the water resources already are utilized in some way for power production, irrigation etc. there are generally some hydrologic records in the files, which can prove to be useful.

(ii) It should also be thoroughly investigated how much hydrologic information can be obtained from neighboring countries: not only streamflow data for rivers flowing to or from the neighboring country but also rainfall and evaporation data from border areas can be extremely helpful.

(c) Modern Principles for Hydrometeorological Network Planning.

(i) A proper hydrometeorological network plan should provide a program through which a maximum amount of reliable information could be obtained for the most reasonable cost. It is beleived impractical to employ "universal" formulaes and rules for the network density. The special meteorologic, climatologic, hydrologic and physiographic conditions in the area concerned should be the guide. Also the relative importance of the rivers for different purposes should be considered.

In designing the network use should be made of modern methods of network planning. The streamflow in a river is generally related to the flow in adjecent rivers within the same climatic and topographic region. So flow data in one river can be used as an index of the flow in nearby watercourses. The same is also true for rainfall and evaporation data. Thus it is possible to correlate the measured streamflow, rainfall etc. in one place with the corresponding data in another nearby place - quite apart from the relations between the flow in a main stream and the same of the flows in converging tributaries. There are also well-known relations between runoff and rainfall.

If these inter-relations are considered the number of stations could be kept at a minimum. Furthermore the stations should be divided into permanently operated base stations and temporarily operated secondary stations. The base stations are to be operated for an indefinite period of time and they will serve as fixed points for the time sampling factor. The secondary stations are operated to provide geographic sampling. The secondary stations should not be

operated any longer than required to establish a good correlation to a nearby base station. Five years are generally considered sufficient. At the end of that period the station and the equipment should be moved to some other location.

If the location of the secondary stations are carefully determined in relation to the network of base stations and the period of observation chosen in relation to the accuracy needed in the correlation, it will in most cases produce results sufficiently accurate for all practical purposes, provided the correlation is made with engineering criteria, considering the major factors differentiating the watersheds.

The base stations should be evenly distributed over country with due regard to different climatic and topographic regions and the locations should be carefully selected. The secondary stations, which should form a network inbetween the base stations, could be located in a less critical manner.

It is important in this kind of network plan not to operate the secondary stations too long. Maximum information is gained if they are moved to new localities after proper intervals of time.

In addition to these stations (base and secondary), which give the general information on the areal and time distribution of streamflow, rainfall and evaporation, a number of stations could be established for special purposes. These project stations could be permanent, such as those needed for the operation of power plants or irrigation systems, or temporary, such as stations for flood studies.

It is also important not to include too many stations in the ordinary network of base and secondary stations. If in some densly populated areas the stations are closer than needed in the general network plan, they should be abandoned. Then there is no reason to waste money on them.

A sediment station should always be combined with a streamflow station, but sediment stations are not always needed at every streamflow station. The local condition should govern the relative density of the network for streamflow and sediment measurements.

An evaporation station should always be combined with a rainfall station, but as the evaporation does not vary so much from place to place as the rainfall it is generally sufficient to have evaporation measurement just at every tenth or twentieth rainfall station.

(ii) Because of the inter-relations between rainfall and streamflow (runoff) the rainfall and streamflow networks should be closely co-ordinated.

There are usually many different agencies concerned with the hydrology of a country. Each of them often want just a special kind of information. And if these different agencies employ their own hydrometeorological stations the records can usually not be used by other agencies. For instance in flood studies only peak flows and high stages are observed, which are of little interest in ground water studies and at power plants the floods usually pass ungaged etc.

Thus in planning a hydrometeorological network it is extremely important to unify the different interests. A joint commission should be formed for the planning work. Representatives from the Weather Service should join the commission.

One sole agency should establish and operate the stations. Only in this way could the observation methods be standardized and kept available to all agencies interested. This agency could also train the staff needed.

The only exception to this is the Weather Service which should operate their own stations and file the records. There the observations are usually performed according to internationally recognized standards.

In planning the network due regard should be taken to existing and planned stations in neighboring countries.

International cooperation across the borders in the form of exchange of hydrometeorological data and utilization of results of hydrological studies should be provided for.

(iii) In the network plan there should be stated an order of priority. Highest priority should be given to existing streamflow stations selected as base stations. They should be improved if necessary. Next in priority come the proposed new base streamflow stations.

Only when the network of base streamflow stations is established the secondary streamflow station should be established. The establishment of rainfall station should be of lower priority than the streamflow stations.

2. Some Techniques for Estimating Hydrological Data

In the absence of adequate basic hydrometeorological data astonishing good results can be obtained through comparatively simple methods by using the inter-relations between rainfall and runoff, provided the computations are made with engineering nicety. The accuracy - or lack of accuracy - of the observed data must always be taken into consideration.

(a) One of the most useful methods is based on the index-concept. - An example: the gaged amount of rainfall during a number of storms is an index of the peak flow. A simple plotting in a diagram of corresponding values often reveals a useful relationship.

In the same simple way relations could be obtained between the stream-flow in adjacent rivers.

(b) In water balance studies use should be made of the difference between rainfall and runoff, which equals evaporation for longer periods, rather than runoff coefficients, which depend upon the amount of rainfall.

The evaporation could be computed from Thornthwaite's formula.

(c) In flood frequency studies deliborate frequency formulas are often used to compute the propability of floods.

The same accuracy in the estimate could easily be obtained by simple plotting the accumulated frequencies on a probability paper and extra-polating the curve.

570 E - Oct. 1962 - 1,600

E/CONF.39/A/88
9 Oct. 1962
ORIGINAL : ENGLISH

UNITED NATIONS CONFERENCE
ON THE APPLICATION OF SCIENCE AND TECHNOLOGY
FOR THE BENEFIT OF THE LESS DEVELOPED AREAS

Agenda Item: A.1.1

New Zealand

MAPPING AND SURVEY REQUIREMENTS FOR A LAND UTILIZATION AND DEVELOPMENT PROJECT

By W.S. BOYES,
Survey Coordination Officer,
Department of Land and Survey,
New Zealand

Papers have been contributed to the United Nations Conference on the Application of Science and Technology for the Benefit of the Less Developed Areas as working papers for that Conference. They are published as presented by the contributors, and the contents and the views expressed are those of the contributors. (See notes overleaf.)

NOTES

1. Papers selected for inclusion in General Sessions will be available at the Conference in the following official languages of the United Nations: English, French, Russian and Spanish.

2. Papers selected for inclusion in Specialized Sessions will be available at the Conference in only one of the above official languages.

3. Summaries of all papers, as submitted by contributors, will be available at the Conference in the following official languages of the United Nations: English, French, Russian and Spanish.

4. Papers and summaries will not be available for general distribution in advance of the Conference. They will be published in advance in limited quantities only for the use of delegations of participating governments and of other authorized participants. Post-Conference publication and general distribution of the Conference Proceedings will follow United Nations practices as laid down by the United Nations Publications Board.

MAPPING AND SURVEY REQUIREMENTS FOR A LAND UTILIZATION AND DEVELOPMENT PROJECT

W.S. Boyes, Survey Coordination Officer, Department of Lands and Survey, New Zealand.

1. Introduction

In 1948 the Department of Lands and Survey undertook the development of some 500,000 acres of virtually virgin country in the North Island of New Zealand. This project was for the settlement of ex-servicemen from World War II. The land had been mainly undeveloped because it was considered to be "stock-sick". This was due to mineral deficiencies, the surface soils being chiefly pumice formed by comparatively recent volcanic showers. The 500,000 acres was not one compact block but a number of individual blocks ranging in area from a few hundred acres up to about 40,000 acres, dispersed over a region of some 5,000 square miles. It ranged in altitude from near sea level to about 3,000 feet, the vegetation cover being mainly heavy scrub and fern with some areas of native bush. It was considered that with modern techniques and the application of the necessary trace elements in conjunction with aerial topdressing, this unused land could be quickly converted to fertile sheep and dairy farms.

Topographical map cover was practically non-existent, the few maps available covering only a very small area. Scale was 1:63,360 with sketch contours at 100 feet vertical interval. On one development block some 1:7,920 mapping with 25 feet contours was available. Cadastral map cover at 1:63,360 scale was available over the whole area but this was of little use for planning and carrying out development. Much of the information shown, in the way of roads and section boundaries was not defined on the ground. Topographical information such as streams and bush edges, was often inaccurate. The entire area was covered by a net of first-order triangulation, there was no modern second or third order work. Some parts were covered by very old third order work which was not connected to the geodetic framework and which was generally not very reliable. A certain amount of cadastral survey information was available for horizontal fixation but this also was not in terms of the geodetic triangulation and many of the ground marks had been lost or destroyed. Basic vertical aerial topography by Eagle IV cameras with 8¼" lens and a negative scale of approximately 1:15,840, was available over most of the area. A start had been made on the production of semi-controlled mosaic maps at 1:15,480 scale and even though much of the photography was up to 8 years old, the extension of this mosaic map cover as rapidly as possible was the first essential.

2. Planning Requirements

(a) Land Utilization Survey

An overall analysis of the potential uses of the land must be based on factual data such as provided by a land utilization survey. Usually this would cover fully such aspects as tenure, population distribution, soil types,

climate, vegetation and topography. On this particular project we were concerned only with the undeveloped Crown and Maori lands and such private land as had been offered to the Crown. With the aid of existing aerial photos and maps, supplemented by a general field reconnaissance, the area was broadly classified into the following categories:-

(i) Land capable of immediate development
(ii) Land suitable for later development
(iii) Land unsuitable for development

This survey showed that approximately half of the area was suitable for immediate development. This was not confined to a particular area but was dispersed throughout the various blocks.

(b) Land Classification Survey

The next step was a detailed land classification survey based on the overall land utilization data and what detailed knowledge of the terrain that could be gained from studying the aerial photos, mosaics and other existing maps.

The land was classified as follows:-

(i) Land which could be ploughed
(ii) Land which could be giant disced
(iii) Land which could be surface sown after burning
(iv) Land which was to remain in bush
(v) Land which was useless for farming

Where suitable topographic maps were not available the individual pairs of photos were examined with a pocket stereoscope for general classification and the information transferred to the mosaic maps. Even when topographic maps were available the aerial photos were invaluable in supplementing the information from the maps. Where semi-controlled mosaics were not available, pin-up mosaics were useful. The vegetation cover and the land slopes determined largely the methods to be adopted in bringing the land under development. During this survey the surveyor's report covered in considerable detail the following aspects:-

Soil types, vegetation cover, land form, water supply, access, proposed land use and sizes of farming units, possible township and reserve sites etc.

(c) Overall Coordination

In the region under consideration a number of hydro-electric stations were either under construction or being planned and there were extensive areas of exotic forests, some being the largest man-made forests in the world. The overall coordination on a regional basis, especially on aspects of communications and future township requirements, was of the greatest importance. The roading pattern was generally determined by the sizes of the farming units and although in the initial stages it was seldom possible to locate finally all subdivisional roading, the surveyor would indicate possible access routes, particularly those which might develop into arterial roads.

3. Map Requirements

(a) General Planning

Ideally, both medium and small scale topographic maps are required to show the present and assess the future potential of such a project. The map scales would be dependent upon the size of the areas being developed and their relation to the surrounding region. Cadastral maps at 1:63,360 and 1:253,440 were the only maps available giving complete cover over the region. The national topographic mapping is based on a National Yard Grid, a 1:63,360 sheet covering 45,000 yards by 30,000 yards, the contour interval being 100 feet. These sheets are subdivided into nine 1:25,000 sheets covering 15,000 yards by 10,000 yards, the contour interval being 50 feet. For the general planning of an area such as this, 500,000 acres dispersed over 5,000 square miles, scales of 1:63,360 and 1:253,440 were satisfactory, but the initial lack of complete topographic map cover was a very big handicap.

(b) Detailed Planning

Mapping at 20 chains to an inch, 1:15,840 with V.I. 50 feet, was proposed for the detailed planning. The farm units varied in size from about 100 acres up to 600 acres and while this scale was satisfactory for planning the sheep units it proved to be too small for the dairy units. The final title surveys have in many instances disclosed considerable differences between the planned and surveyed areas. Much of the country was suitable for both sheep or dairy farming and the preliminary schemes of subdivision often had to be changed from sheep to dairy or vice versa due to circumstances outside of the surveyor's control. It was not possible to have two mapping scales for the detailed planning, one for sheep and the other for dairy, and the 1:15,840 scale was a compromise.

No use was made of mosaic maps for the final subdivisional planning, as the only ones available were semi-controlled, 1:15,840 scale, with probable errors of up to 10 per cent. I am now convinced that on the easier flattish country where the proposed land use does not entail irrigation or river control works, detailed contoured topographic maps are unnecessary and that fully controlled mosaic maps would be sufficiently accurate and prove more useful. They could be produced in a fraction of the time and cost required for topographic mapping with the added advantage that more use could be made of them by untrained or semi-trained personnel working on the project.

(c) Records

Maps for recording the progress of the various stages of development operations are essential, and here again the 1:15,840 scale was used. A transparency was prepared from the topographic maps and the periphery of each development block plotted from cadastral survey data, in ink. Proposed schemes of subdivision were drawn in pencil and, as any survey work was finalised it was inked up. A mounted print taken from the transparency was used to record all details such as cultivation and aerial sown areas. The transparency was kept up-to-date and details such as fences, buildings, water supplies, etc., added as they were fixed in the field, and up-to-date prints were thus available at any time. Plans of all cultivation and other contracts fixed by the survey staff were prepared and recorded for each separate development block.

4. Aerial Survey Requirements

Prior to 1956 the vertical aerial photography was Eagle IV, 8¼ inch focal length, negative scale approximately 1:15,840. Since then the RC 5.a camera has been used to take both Aviogon 4½ inch for mapping purposes and Aviotar 8¼ inch for mosaic mapping. The value of the vertical air photo during all stages of land development cannot be over-emphasised. In the preliminary planning stages even a rough pin-up mosaic is useful while the semi-controlled ones are invaluable. Fully controlled mosaics based on slotted templet control could play a vital part in any land development project. The main advantages over the conventional topographic map would be rapid production; low cost; the simplicity in using a photo instead of a map by untrained personnel such as farm supervisors, contractors, etc. If air photos are taken at various stages of development a great amount of ground survey can be dispensed with as the information can be obtained from the photos in a fraction of the time otherwise required and at a much lower cost.

5. Survey Requirements

(a) Overall Control

This condition was satisfied by the existing 1st order triangulation covering the region which had been carried out in recent years to international geodetic standards. The polygon system was used with sides varying from about 20 to 50 miles in length. The average triangle closure was less than 1 second and the maximum less than 3 seconds. Some precise levelling to international standards of accuracy had been carried out in conjunction with the extensive hydro-electric investigations being undertaken in this region.

(b) Breakdown for Mapping and Survey

No tellurometer was available in the initial stages. As the old 3rd order triangulation was not connected directly to the geodetic net and in some areas was unreliable, the first step was to breakdown to 2nd and 3rd order triangulation. The 2nd order was a direct breakdown from the geodetic net, i.e., fixed angle and length equations were possible between the 1st order stations through the 2nd order net. Similarly, the 3rd order was a direct breakdown from the 2nd with the exception that some 3rd order stations were fixed by intersections from at least 3 occupied stations. The 3rd order net was sufficiently dense for all mapping and most survey purposes. Tellurometer traverses between triangulation stations, as a means of thickening up control where necessary for detailed survey, have since proved most successful. Undoubtedly, it is a more rapid and more economic method than conventional triangulation breakdown, and probably more accurate as well. The elevations obtained from the trigonometrical levelling were sufficiently accurate for both mapping and land development purposes generally. For the specific engineering surveys connected with this project such as roading, water-supply, topdressing airstrips, etc., engineering levelling to an accuracy of 0.2 foot per mile run, was quite sufficient. All control stations were permanently ground marked and located so as to be as free as possible from future disturbance. Buried marks were placed under all stations.

6. Survey Equipment and Methods

(a) Control Surveys

The 2nd and 3rd order breakdown was carried out with Wild T 3 theodolites. Observations were taken during the day, the instruments being sheltered from sun and wind by an observing tent. Wooden quadripod beacons were erected at each station for sighting to, and were of two sizes - a 10 ft one under which the instrument could be set up and a 5 ft one which had to be removed in order to set up centrally. Under average conditions the 10 ft beacon was visible for 20 miles and the 5 ft beacon for 10 miles. Owing to atmospheric conditions, observations, except on cloudy days, could generally only be carried out in the early mornings and late afternoons. Whenever possible the vertical angles were measured near midday. The advent of the tellurometer has speeded up control survey work to a great extent. Simple traverses have proved effective and closes better than 1.50,000 can be readily obtained with a single measurement and 12 fine readings. If a geodetic framework is already established, there would seem little point in using the rather more accurate geodimeter in preference to the tellurometer which can operate under a wider range of conditions.

(b) Breakdown for Mapping and Survey

If aerial photos are to be used for mapping some photo control points must be fixed by ground survey. Normally this was done by resecting to at least four previously established stations with a second reading theodolite such as a Wild T2. It was seldom possible to select a suitable control point which could be occupied by the instrument, and the theodolite was usually set up at a sub-point and the connection made to the photo control point by direct or subtense measurement. A levelling staff graduated in feet on one side and links on the other was useful for this work. A ground mark such as an iron tube or spike was inserted at the instrument station to serve as a control station for future detailed surveys such as compass traverses. Diagrams of the points identified with their coordinates and heights were listed on the back of the photo and in addition, coordinate and height data for all control points listed for each flight on special forms. The use of the tellurometer for directly fixing mapping and detailed survey control by simple traversing between established stations has also proved to be economic and accurate.

(c) Detailed Survey

Most of the development improvements such as fences, buildings, roads, water supplies, etc., were fixed by magnetic compass and chain traversing. These traverses were closed on to established control such as trigonometrical stations, tellurometer traverse stations, photo control points and cadastral survey stations. This was a slow method, subject to considerable sources of error and one that could be largely superseded if new air photos were taken from time to time, and simple equipment such as a radial-line plotter were available. The use of fully controlled mosaic maps would enable additional improvements to be plotted with sufficient accuracy with a minimum of field work and by comparatively untrained staff.

7. Mapping Equipment and Methods

In the initial stages of the project some plane-tabling was carried out in an endeavour to increase the total mapping output, the bulk of which was being done by photogrammetric methods. For plane-tabling, minor control plots were first prepared and adjusted to fit adjoining strips by graphical

methods, as no slotted templet assembly was available. All planimetric detail on the photos was then plotted, and the contouring, with Indian clinometers, done in the field. Mapping production by this method was slow, especially as few trained staff were available. All departmental survey cadets were attached to this project for training purposes, usually 3 months on triangulation and 3 months on mapping.

Mapping at 1:15,840 scale and 50 ft vertical interval was also carried out with A5, A6 and Multiplex equipment. Wild A7 and A8 instruments have since been acquired. The specifications for ground survey required an accuracy in position of ± 2 yards, and in height of ± 3 feet. The ground survey work, which is always rather a bottleneck in mapping, was very considerably reduced when the Aviogon photography became available. In rough, remote areas and where vegetation cover makes access difficult, the photogrammetric method is without doubt superior in all respects to a ground method such as plane-tabling. Since most land development projects would include country of this nature the choice of method seems clear.

New photography at 1:15,840 scale is obtained at various stages of development and is used by the field survey staff in conjunction with simple equipment such as the radial line plotter, to fix new improvements and to measure areas of cultivation contracts. As development progresses there is usually sufficient survey information available to enable the new photo centres to be readily fixed.

8. Summary and Conclusion

(i) Whatever the type of development or the mapping method envisaged, vertical air photography should be available.

(ii) Topographic maps are desirable for the general planning but they are not essential for the detailed planning of all land development areas. On areas of low relief and where the proposed land use does not necessitate accurate contour information, fully-controlled mosaic maps would be more useful and could be produced more rapidly and more economically than topographic maps. Where topographic maps are required they are best produced by photogrammetric methods from wide-angle or super wide-angle photography.

(iii) Where possible the scales of topographic and mosaic maps required for detailed planning should be directly related to the sizes of the proposed farm units, and not necessarily be required to conform to the scales required for national mapping.

(iv) The use of electronic distance measuring equipment would enable all control, overall, mapping or survey, to be established more rapidly and more economically than is possible by conventional methods.

(v) The use of simple photogrammetric equipment such as radial line plotters and slotted templet, used in conjunction with air photography taken at various stages of development, would reduce considerably the requirements for detail survey.

693 E - Oct. 1962 - 1,600